

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA EM RESORTS NO NORDESTE DO
BRASIL

Alessandra Sleman Cardoso Baptista

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Prof. Giovani Vitória Machado, D.Sc.

Dr. Jeferson Borghetti Soares, D.Sc.

Dra. Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause , D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2006

BAPTISTA, ALESSANDRA SLEMAN
CARDOSO

Análise da Viabilidade Econômica da
Utilização de Aquecedores Solares de Água em
Resorts no Nordeste do Brasil. [Rio de Janeiro]
2006

XIII, 158 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Planejamento Energético, 2006)

Dissertação - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, COPPE

1. Aquecimento Solar de Água 2. Resorts
3. Consumo de Energia 4. Setor Hoteleiro

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

DEDICATÓRIA

A minha filha Maria Beatriz, que nasceu durante o curso e é minha alegria de viver.

A meus pais, Danilo e Leila, cujo apoio e estímulo foram imprescindíveis para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida acadêmica.

A meu marido, José Paulo, que, diante dos momentos de desânimo e cansaço, soube ter paciência e carinho.

A Deus, acima de tudo, por ter me dado forças, garra e perseverança para vencer mais este desafio.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas da Petrobras Distribuidora, que me incentivaram a iniciar o Mestrado em Planejamento Energético.

Aos professores Roberto Schaeffer e Alexandre Szklo, pela paciência e ajuda durante o curto tempo que tive para desenvolver este trabalho. Suas críticas e sugestões contribuíram para que um melhor resultado final pudesse ser obtido.

A Newton Paterman Brasil, sempre amigo, atencioso e prestativo que, com sua larga experiência sobre o setor elétrico, deu-me importantes esclarecimentos e sugestões para o desenvolvimento deste trabalho.

A Janaina Sala, amiga de todas as horas, que sempre soube ouvir minhas lamentações e apreensões, incentivando-me a ajudando-me a chegar até aqui.

A meus colegas do BNDES que, vendo minha aflição quanto ao prazo de conclusão de curso, ofereceram-me o apoio necessário para que eu concluísse este trabalho.

A Heliotek, fabricante de aquecedores solares, um agradecimento especial pela oportunidade de conhecer sua fábrica e de esclarecer diversas dúvidas com seus técnicos, dentre eles, Flávio Mattos, Jamil Hussni Jr., JeanVinicius e José Ronaldo Kulb.

A Astrosol, também fabricante de aquecedores solares, que, através do Sr. Newton Ferreira, forneceu informações sobre o dimensionamento de sistemas solares.

Ao Sr. Paulo Milani, do Hotel Jatiúca em Alagoas, que me forneceu dados sobre consumo de energia elétrica e água quente para que eu pudesse fazer minhas estimativas.

A todos que, esquecidos aqui, contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA EM RESORTS NO NORDESTE DO
BRASIL

Alessandra Sleman Cardoso Baptista

Abril/2006

Orientadores: Roberto Schaeffer

Alexandre Salem Szklo

Programa: Planejamento Energético

Esta dissertação tem como principal objetivo analisar a viabilidade econômica da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água por sistemas solares no setor hoteleiro, especificamente, em *resorts*, que possuem características de operação e consumo peculiares devido à grande diversidade de serviços oferecidos. Como a eficiência dos sistemas solares depende, dentre outros fatores, do grau de insolação e radiação solar da região em que vão ser implantados, escolheu-se a região Nordeste do Brasil devido às suas condições climáticas favoráveis. Os *resorts* têm grande preocupação com questões ambientais e um forte apelo ecológico, o que facilitaria a penetração de uma fonte de energia renovável, como a solar.

Verificou-se o estado da arte desta tecnologia e a evolução da capacidade instalada no mundo, traçou-se o perfil do setor hoteleiro no Brasil e, com base nos dados levantados, avaliou-se o impacto da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água pelo sistema solar no consumo de energia elétrica do setor e verificou-se a economia gerada para o hotel ao longo de 20 anos. Também foi feita uma análise para verificar a sensibilidade dos resultados frente a algumas variáveis e os resultados confirmam a viabilidade deste projeto.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ECONOMICAL VIABILITY ANALYSIS OF SOLAR WATER HEATING
SYSTEMS' UTILIZATION IN RESORTS IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

Alessandra Sleman Cardoso Baptista

April/2006

Advisors: Roberto Schaeffer

Alexandre Salem Szklo

Department: Energy Planning

This dissertation aims at evaluating the economical viability of conventional water heating systems' substitution by solar systems in hotels, particularly in resorts, whose operational and energetic characteristics show huge diversity of services. As the solar systems' efficiency depends, among other factors, on the insolation degree and solar radiation at the installation local, the Brazilian Northeast region was chosen due to its favorable climate conditions. Resorts have a great concern about environment issues that would facilitate the penetration of a renewable energy source, such as the solar energy.

It was researched the technology's state of art and its installed capacity worldwide; a description of Brazilian hotels was made and it was evaluated the impact of the substitution of conventional water heating systems by the solar one in the sector energy consumption, through the savings perceived by the hotel during 20 years. An analysis to verify the results' sensibility to some variables was also made and the final results confirm the project viability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	A ENERGIA SOLAR	5
2.1	FORMAS DE APROVEITAMENTO	5
2.1.1	O Aquecimento Solar de Água	11
2.1.1.1	<i>Sistemas de Aquecimento Solar</i>	11
2.1.1.2	<i>Vantagens do Aquecimento Solar</i>	16
2.1.1.3	<i>Comparação entre diferentes tipos de aquecimento de água</i>	19
2.1.1.4	<i>Dimensionamento dos Sistemas</i>	22
2.1.2	Condicionamento Ambiental	25
2.2	EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE AQUECEDORES SOLARES	30
2.2.1	O Aquecimento Solar no Mundo	30
2.2.2	O Aquecimento Solar no Brasil	37
2.3	PRINCIPAIS BARREIRAS E POSSÍVEIS INCENTIVOS	41
2.3.1	Principais Barreiras	41
2.3.1.1	<i>Barreiras Técnicas</i>	42
2.3.1.2	<i>Barreiras Econômicas</i>	43
2.3.1.3	<i>Barreiras de Mercado</i>	44
2.3.2	Possíveis Incentivos	45
2.3.2.1	<i>Incentivos para superar as barreiras técnicas</i>	45
2.3.2.2	<i>Incentivos para superar as barreiras econômicas</i>	46
2.3.2.3	<i>Incentivos para superar as barreiras de mercado</i>	47
2.3.3	Exemplos Internacionais	48
2.3.3.1	<i>Espanha</i>	48
2.3.3.2	<i>Portugal</i>	49
2.3.3.3	<i>Austrália</i>	50
2.3.3.4	<i>Jamaica</i>	51
2.3.3.5	<i>Reino Unido</i>	52
2.3.3.6	<i>Dinamarca</i>	52

2.3.3.7	<i>França</i>	53
2.3.3.8	<i>Alemanha</i>	53
2.3.3.9	<i>Índia</i>	53
2.3.3.10	<i>Estados Unidos</i>	54
2.3.4	Exemplos no Brasil	55
2.4	UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NOS SETORES RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL	56
3	O SETOR HOTELEIRO	62
3.1	HISTÓRICO DO SETOR NO BRASIL	62
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR	65
3.3	PERFIL DA INDÚSTRIA HOTELEIRA NO BRASIL	71
3.4	PERFIL DE CONSUMO	75
3.4.1	Perfil de Consumo de Energia Elétrica	75
3.4.1.1	<i>Dados de Consumo</i>	75
3.4.1.2	<i>Estrutura Tarifária</i>	83
3.4.1.3	<i>Curvas de carga típicas</i>	84
3.4.2	Perfil de Consumo de Água Quente	87
3.5	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS EM HOTÉIS	90
4	ESTUDO DE CASO: RESORTS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL	93
4.1	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA	93
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS RESORTS	94
4.3	INDICADORES DE CONSUMO	99
4.4	CASO ESPECÍFICO A SER ABORDADO	100
4.5	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA	102
4.6	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	103
4.7	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	108
4.7.1	Temperatura do reservatório	109
4.7.2	Taxa de Ocupação	111
4.7.3	Localização	113
4.7.4	Financiamento	114

4.7.5 Reajustes anuais de Energia Elétrica	115
4.7.6 Taxa de desconto	115
4.7.7 Energético utilizado	116
4.8 PROJEÇÃO DE MERCADO	117
5 CONCLUSÕES	120
6 RECOMENDAÇÕES	123
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICE A – PREMISSAS E EQUAÇÕES UTILIZADAS NAS SIMULAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA	142
APÊNDICE B – RELATÓRIO DE ENSAIOS DO INMETRO – COLETOR MK6VS	149
APÊNDICE C – MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO SOLAR: <i>f-CHART</i>	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Insolação média anual em algumas cidades brasileiras _____	22
Tabela 2 – Radiação solar média diária em cidades brasileiras _____	23
Tabela 3 – Radiação solar média diária de diversas localidades _____	23
Tabela 4 – Latitudes de algumas capitais brasileiras _____	23
Tabela 5 – Dados para escolha do aquecedor adequado _____	24
Tabela 6 – Temperatura mínima de fornecimento de água quente _____	25
Tabela 7 – Capacidade total instalada em 2003 (MW) _____	32
Tabela 8 – Área total de coletores solares em operação em 2003 (m ²) _____	32
Tabela 9 - Consumo de eletricidade por setor - 2004 _____	57
Tabela 10 - Participação dos energéticos no setor Residencial - 2004 _____	57
Tabela 11 – Consumo residencial de energia elétrica no Brasil - 2004 _____	57
Tabela 12 – Participação do chuveiro elétrico na matriz energética brasileira _____	58
Tabela 13 - Participação dos energéticos no setor Comercial - 2004 _____	58
Tabela 14 – Estrutura de consumo de energia elétrica do setor comercial _____	59
Tabela 15 - Parcela dos custos totais referente à energia na Hotelaria (%) _____	69
Tabela 16 – Distribuição de Estabelecimentos Hoteleiros por categoria e região _____	72
Tabela 17 – Número de Apartamentos por categoria e região _____	72
Tabela 18 – Número de Apartamentos por Hotel por categoria e região _____	73
Tabela 19 – Parcela dos estabelecimentos que possuem aparelhos de ar condicionado _____	73
Tabela 20 – Parcela dos estabelecimentos que possuem piscina térmica _____	74
Tabela 21 – Parcela dos estabelecimentos que possuem hidromassagem _____	74
Tabela 22 – Perfil de consumo de energia elétrica em hotéis de Salvador _____	76
Tabela 23 – Indicadores de consumo de energia elétrica em hotéis de Minas Gerais _	77
Tabela 24 – Resumo do perfil de consumo de energia elétrica em hotéis _____	78
Tabela 25 – Resumo dos diagnósticos energéticos - PROCEL _____	79
Tabela 26 – Consumo de energia avaliado no setor hoteleiro francês _____	79
Tabela 27 – Consumo específico de energia em diferentes países _____	81
Tabela 28 – Taxa de eficiência energética para diferentes tipos de hotéis _____	82
Tabela 29 – Consumo de energia por uso final para um hotel 3 estrelas no Sul da Europa _____	83
Tabela 30 – Consumo médio estimado de água quente _____	88

Tabela 31 – Consumo de água quente a 60°C em edifícios, por aparelho _____	88
Tabela 32 – Consumo de água quente avaliado no setor hoteleiro francês _____	89
Tabela 33 – Relação entre área coletora e volume de água _____	90
Tabela 34 – Dados sobre <i>resorts</i> no Brasil _____	96
Tabela 35 – Dados sobre <i>resorts</i> na Austrália _____	100
Tabela 36 – Resultados obtidos para um <i>resort</i> em Salvador _____	107
Tabela 37 – Impacto da temperatura do reservatório _____	109
Tabela 38 – Impacto da taxa de ocupação – dimensionamento variável _____	111
Tabela 39 – Impacto da taxa de ocupação – dimensionamento fixo _____	112
Tabela 40 – Impacto da localização do projeto _____	113
Tabela 41 – Impacto do financiamento _____	114
Tabela 42 – Impacto da taxa de reajuste anual da tarifa de energia elétrica _____	115
Tabela 43 – Impacto da taxa de desconto _____	116
Tabela 44 – Impacto do tipo de energético utilizado como apoio _____	117
Tabela 45 – Projeção da expansão de <i>resorts</i> no Nordeste _____	118
Tabela 46 – Projeção da economia total obtida com os sistemas solares _____	119
Tabela 47 – Temperaturas ambiente médias para cálculo da fração solar _____	157
Tabela 48 – Radiação solar média _____	157
Tabela 49 – Radiação solar média para cálculo da fração solar _____	157
Tabela 50 – Fração solar mensal calculada _____	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das Aplicações da Energia Solar_____	5
Figura 2 – Exemplo de painéis fotovoltaicos _____	7
Figura 3 – Concentradores solares para geração heliotérmica _____	8
Figura 4 – Coletor solar plano fechado _____	9
Figura 5 – Coletor solar plano aberto _____	9
Figura 6 – Coletor solar de tubos a vácuo _____	10
Figura 7 – Esquemas de sistemas solares com convecção natural ou termo-sifão _____	12
Figura 8 – Corte esquemático de um telhado com os principais elementos para aquecimento solar – funcionamento por termo-sifão _____	13
Figura 9 – Esquema de um sistema solar com convecção forçada _____	13
Figura 10 – Participação do chuveiro elétrico na curva de carga residencial de Minas Gerais _____	17
Figura 11 – Participação do chuveiro elétrico na curva de carga de um hotel na Bahia _____	17
Figura 12 – Curvas de radiação solar e demanda de frio _____	25
Figura 13 – Opções de obtenção de frio a partir da energia solar _____	26
Figura 14 – Esquema de um sistema de absorção, a partir da energia solar _____	27
Figura 15 – Comparação entre diferentes sistemas de resfriamento _____	29
Figura 16 – Países participantes do estudo da Agência Internacional de Energia _____	31
Figura 17 – Capacidade de coletores solares fechados e tubos a vácuo em operação em 2003 _____	33
Figura 18 – Capacidade de coletores solares abertos em operação em 2003 _____	34
Figura 19 – Capacidade instalada de coletores solares a água, acrescentada a cada ano no mundo _____	36
Figura 20 – Potencial de utilização de energia solar na Terra _____	37
Figura 21 – Potencial de utilização de energia solar no Brasil _____	38
Figura 22 – Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil _____	39
Figura 23 – Evolução do custo do m ² de coletores planos fechados instalado no Brasil _____	41
Figura 24 – Visão segmentada do mercado europeu de aquecimento solar _____	60
Figura 25 – Evolução da Taxa de Ocupação Hoteleira no Brasil – 1994/2002 _____	64
Figura 26 – Perfil do consumo de energia elétrica em hotéis em Minas Gerais _____	77
Figura 27 – Curva de carga de hotel em Foz do Iguaçu em janeiro _____	84

Figura 28 – Curva de carga de hotel em Foz do Iguaçu em julho _____	84
Figura 29 – Curva de carga diária típica de hotéis de Minas Gerais _____	85
Figura 30 – Curva de carga diária de um hotel de grande porte em Pernambuco _____	85
Figura 31 – Curva de carga diária de um hotel de médio porte em Pernambuco _____	86
Figura 32 – Curva de carga diária de um hotel na Bahia _____	86
Figura 33 – Perfil de utilização de aquecimento em hotel na Bahia _____	87
Figura 34 – Variação da fração solar em Salvador _____	106
Figura 35 – Comparação entre custos: sistema convencional x solar _____	106
Figura 36 – Evolução da economia obtida durante o projeto _____	108
Figura 37 – Comparação de custos para temperatura do reservatório de 40°C _____	110
Figura 38 – Comparação de custos para temperatura do reservatório de 50°C _____	111

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passou em 2001 por um racionamento de energia elétrica e a partir deste evento, muitos consumidores perceberam que poderiam reduzir seu consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, seus custos. Segundo o Plano Decenal de Expansão 2003-2012 (MME, 2002), o nível de consumo de energia elétrica pelo setor residencial em 2002 não atingiu os patamares verificados antes do período do racionamento. Em 2002, os níveis dos reservatórios nas regiões mais críticas estavam expressivamente superiores aos registrados em 2001: Sudeste – 42,9% versus 21,5%; Nordeste: 24,4% contra 15,3% (MME, 2002).

Em abril de 2002, o Congresso Nacional aprovou a Lei 10.438, visando a criação de um mercado mandatório brasileiro para as energias renováveis e assegurando o suporte legal necessário para uma ação estrutural. Em seu Artigo 3º foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA, que incentivava a geração de energia elétrica a partir das fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. Este foi um indicativo de que o Governo pretende buscar alternativas para reduzir o consumo de energia elétrica e/ou ampliar a oferta, usando os recursos naturais do país, evitando assim o investimento em novas usinas hidrelétricas e termelétricas.

Para adiar estes novos investimentos de expansão, muitas concessionárias têm buscado a efficientização de seus clientes em setores como o residencial, o hoteleiro e o hospitalar, e a conseqüente redução do consumo de energia elétrica. Uma das maneiras de se obter esta redução é incentivar o uso da energia solar em diferentes setores atendidos.

A utilização de sistemas de aquecimento solar em larga escala pode contribuir também para o desenvolvimento econômico do país, uma vez que a tecnologia já é dominada nacionalmente e gera muitos empregos na fabricação, nas vendas e na área de projeto e instalação¹. Graças à distribuição de empresas em quase todo o Brasil, o aquecedor solar permite o emprego de mão de obra local, principalmente nas fases de instalação e manutenção (MESQUITA, 1996).

¹ Ver Capítulo 2.1.1.3

No setor residencial, o maior benefício seria a redução da demanda no horário de ponta². Como as residências, em sua maioria (cerca de 67%)³, utilizam chuveiros elétricos para aquecimento da água de banho justamente neste horário crítico, a concessionária tem que estar pronta para atender a esta demanda e isto envolve investimentos de expansão, caso necessário, da ordem de US\$815/kW a US\$1.570/kW, no caso de novas hidrelétricas⁴.

No setor comercial, um dos setores em que a concessionária poderia envidar esforços é o setor hoteleiro, grande demandador de água quente⁵, hoje gerada basicamente a partir de energia elétrica⁶. O pico de consumo dos hotéis (principalmente os de grande porte) ocorre justamente no horário de ponta⁷ e uma substituição dos chuveiros elétricos por aquecedores solares aliviaria a demanda no horário de ponta e permitiria à concessionária fornecer a energia “economizada” para um outro consumidor com tarifas mais rentáveis, além de aumentar o nível de conforto dos clientes, através do aumento de vazão de água quente nos chuveiros. No caso de hotéis de maior porte que utilizam equipamentos de aquecimento elétricos, a redução do consumo de energia elétrica ocorreria tanto no horário de ponta como fora de ponta.

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar o impacto da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água por sistemas solares. Este impacto será avaliado, especificamente para o setor hoteleiro, particularmente para hotéis do tipo *resort*, cujas características de operação e consumo são bastante peculiares devido à grande diversidade de serviços oferecidos. Como a eficiência dos sistemas solares depende, dentre outros fatores, do grau de insolação e radiação solar da região em que serão implantados, escolheu-se a região Nordeste do Brasil devido a suas condições climáticas favoráveis.

A primeira parte do trabalho destina-se à definição do que é a energia solar, como pode ser aproveitada, suas vantagens e desvantagens e os cuidados que deverão ser tomados

² De acordo com a Resolução nº 456 da ANEEL, de 29/11/2000, o horário de ponta é definido como: “...período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico”.

³ Ver PROCEL, 1988.

⁴ Pequenas hidrelétricas: US\$ 815/kW; médias hidrelétricas: US\$ 1.230/kW e grandes hidrelétricas: US\$1.570/kW (SCHAEFFER e SZKLO, 2001).

⁵ Ver Capítulo 3.4.2.

⁶ Em uma pesquisa realizada pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG (1995) em hotéis de Minas Gerais, os chuveiros elétricos estavam presentes em 79,94% deles, tendo utilização mais difundida nos estabelecimentos mais simples e de pequeno porte (consumo inferior a 5.000 kWh). Nos estabelecimentos de maior porte, verificam-se os equipamentos de aquecimento por acumulação.

⁷ Vide Capítulo 3.4.1.3

no momento do dimensionamento e instalação dos sistemas solares. Também é feita uma comparação entre as características dos principais equipamentos utilizados para aquecimento de água, abordando aspectos técnicos e econômicos. Nesta parte do trabalho são apresentados os dados referentes à evolução da capacidade instalada e da área coletora em diversos países. Para o Brasil são apresentados dados de evolução de custos de produção e do mercado de aquecimento solar. Para sugerir medidas de incentivo à disseminação da tecnologia no Brasil, buscaram-se exemplos de países que vêm adotando diferentes estratégias para incentivar o uso da energia solar e, assim, também atingir suas metas de redução de gases de efeito estufa. Na parte final deste capítulo, é mostrado como é aproveitado o potencial solar nos diversos setores da economia.

A segunda parte do trabalho visa traçar um perfil da indústria hoteleira no Brasil, utilizando, para isso, principalmente, as informações disponíveis no Guia Quatro Rodas (2006). Para efeitos de comparação, são apresentados dados de consumo de energia e água quente em diversos países e, dentro do Brasil, em diferentes estados. Busca-se verificar se existe um indicador de consumo específico para determinada categoria de hotel, que possa ser utilizado para fazer estimativas quanto ao consumo de energia em estabelecimentos similares, porém de diferentes portes. São apresentadas também curvas de carga típicas de hotéis em diferentes estados brasileiros e alguns exemplos de projetos já implantados em hotéis brasileiros e estrangeiros.

Na terceira parte do trabalho é feito um estudo de caso para um *resort* virtual, localizado na região Nordeste do país. A partir dos dados levantados ao longo do trabalho, definiu-se um exemplo padrão e elaborou-se uma planilha de simulação, capaz de avaliar a viabilidade econômica de um projeto de substituição do sistema convencional de aquecimento de água quente, sendo ele a gás ou elétrico, por um sistema solar capaz de gerar a mesma quantidade de energia térmica necessária, utilizando, para isso, um sistema de apoio convencional. Análises de sensibilidade foram realizadas de modo a avaliar o impacto de variáveis, tais como a taxa de ocupação anual, localização e temperatura do reservatório, na economia anual gerada para o mesmo. O impacto do financiamento na rentabilidade do negócio também foi avaliado. Para determinar a rentabilidade do projeto, utilizaram-se os métodos da taxa interna de retorno, do valor presente líquido e do *payback* (tempo de retorno do investimento)⁸. A partir de

⁸ Ver Copeland, Koller e Murrin, 2000.

estimativas relativas à expansão dos *resorts* no Nordeste, prevê-se o total de economia gerada em todo o setor.

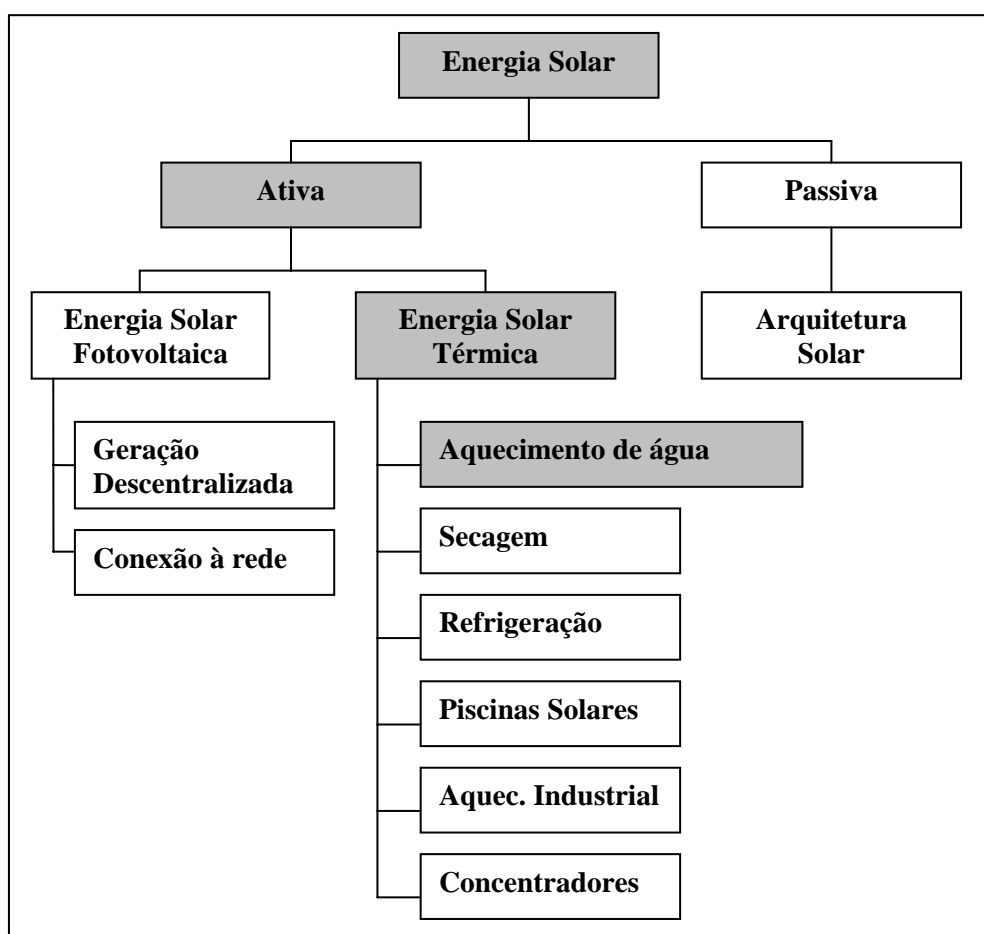
A metodologia de cálculo adotada nesta dissertação é apresentada no Apêndice A.

2 A ENERGIA SOLAR

2.1 FORMAS DE APROVEITAMENTO

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica e/ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

A figura 1 apresenta as duas formas de aproveitamento da energia solar, isto é, a passiva e a ativa.



Fonte: Pereira et al., 2003

Figura 1 – Fluxograma das Aplicações da Energia Solar

O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o

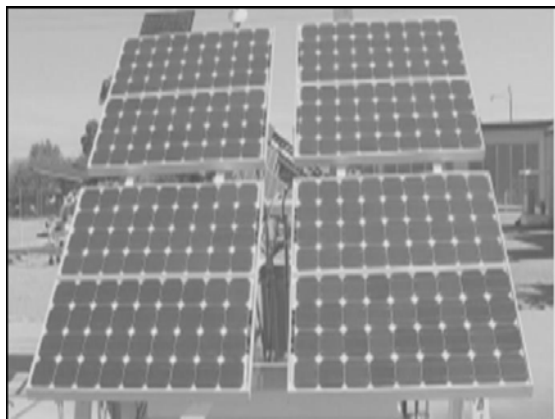
auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção. A partir de alguns princípios básicos, um edifício pode tirar vantagens da variação diária e sazonal da passagem do sol pelo céu. No hemisfério Sul, as janelas voltadas para o Norte, o isolamento adequado e o uso de materiais pesados como o concreto podem ajudar a captar o sol do inverno para aquecimento. Os mesmos prédios podem ser resfriados em meses quentes através da plantação de árvores e de telhados que façam sombras nas janelas. Estas simples ações podem reduzir os custos de aquecimento em 40% ou mais (UNEP, 2003).

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste último caso, pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador (geração heliotérmica).

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação eletromagnética sobre determinados materiais semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro, caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares. Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica (ANEEL, 2002).

- Os **painéis fotovoltaicos** utilizam o princípio fotoelétrico para gerar a energia elétrica; são de fácil manutenção (MARINI e ROSSI, 2002) permitem a modularização da geração elétrica, possuem longo período de vida útil e, juntamente com a utilização de baterias, podem armazenar eletricidade para utilização nos horários de pico, onde as tarifas são mais caras (no caso das tarifas horo-sazonais). No entanto, esta tecnologia ainda está muito longe da viabilidade econômica (CASTRO, 2004) e sua eficiência de conversão é largamente afetada pelas condições climáticas e por sombras provocadas por edificações vizinhas (FULGÊNCIO, 2006). Suas principais aplicações são a eletrificação rural (em locais desprovidos da rede elétrica ou em locais onde a energia fornecida é de má

qualidade), o bombeamento de água para a irrigação, a eletrificação de cercas para a criação de animais, a refrigeração de medicamentos e vacinas em postos de saúde, iluminação pública, estações repetidoras de telecomunicações, sinalizações, telefones de socorro rodoviário, estações de monitoramento ambiental, fornecimento de energia elétrica ao grid, etc (CASTRO, 2004).



Fonte: Castro, 2004

Figura 2 – Exemplo de painéis fotovoltaicos

- Os coletores solares **cilindro-parabólicos**⁹, **de torres centrais**¹⁰ e os **discos parabólicos**¹¹ são utilizados na geração heliotérmica. Estas tecnologias envolvem um intermediário térmico¹², e por isso, podem ser usados combinados com combustíveis fósseis e, em alguns casos, adaptados para armazenar calor. A hibridização e o aproveitamento térmico fazem com que a disponibilidade da planta aumente, possibilitando sua operação durante os períodos em que a energia solar não está disponível, além de melhorar a viabilidade econômica de um projeto como este. As principais aplicações desta tecnologia são a geração centralizada em larga escala, conectada à rede elétrica; geração descentralizada em média escala, conectada a pequenas redes de transmissão; aplicações remotas para fornecer calor

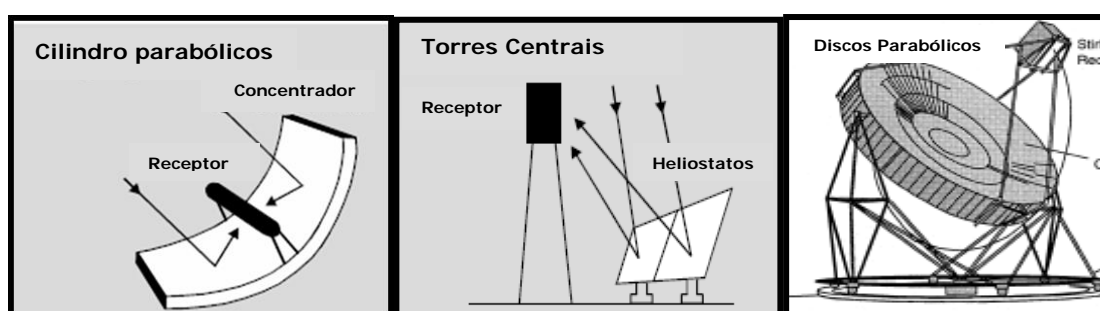
⁹ Estes sistemas utilizam espelhos na forma de cilindros para concentrar os raios solares em tubos receptores termicamente eficientes que contêm um fluido de transferência de calor. Este fluido é aquecido até 390 °C e bombeado através de uma série de trocadores de calor para produzir vapor superaquecido, que alimenta uma turbina convencional para produzir eletricidade (OVERVIEW OF SOLAR THERMAL TECHNOLOGIES, 1998).

¹⁰ Estes sistemas utilizam uma série de heliostatos (grandes espelhos que se movimentam individualmente conforme movimentação do sol) dispostos em círculos, para concentrar os raios solares em um receptor central, localizado no topo de uma torre central (OVERVIEW OF SOLAR THERMAL TECHNOLOGIES, 1998).

¹¹ Um receptor térmico absorve a energia dos raios solares concentrados e a transforma em calor, que é transferido para um gerador ou máquina térmica, que transformará o calor do receptor em energia elétrica (SUN LAB, 2001).

¹² O intermediário térmico pode ser um sal fundido, hélio ou hidrogênio, óleo sintético, dependendo do sistema utilizado.

e eletricidade para pequenas regiões; e, aplicações industriais, para setores como alimentício, têxtil e químico, fornecendo energia limpa, sob a forma de vapor, calor ou eletricidade para substituir em parte ou totalmente os combustíveis fósseis consumidos atualmente. Em linhas gerais, os sistemas de concentração de energia solar usam o calor dos raios do sol para gerar eletricidade. Superfícies refletivas concentram os raios solares até 10.000 vezes para aquecer um receptor contendo um fluido trocador de calor. O fluido aquecido passa por diversos trocadores de calor, gerando vapor superaquecido, que será então usado para gerar eletricidade em uma turbina ou uma outra máquina térmica, como o motor *Stirling* (usado com discos parabólicos). Controles mecânicos permitem que os coletores se movam lentamente de forma a manter a radiação centralizada no receptor (DOE, 2001)¹³. A figura 3 mostra os três tipos principais de concentradores solares.



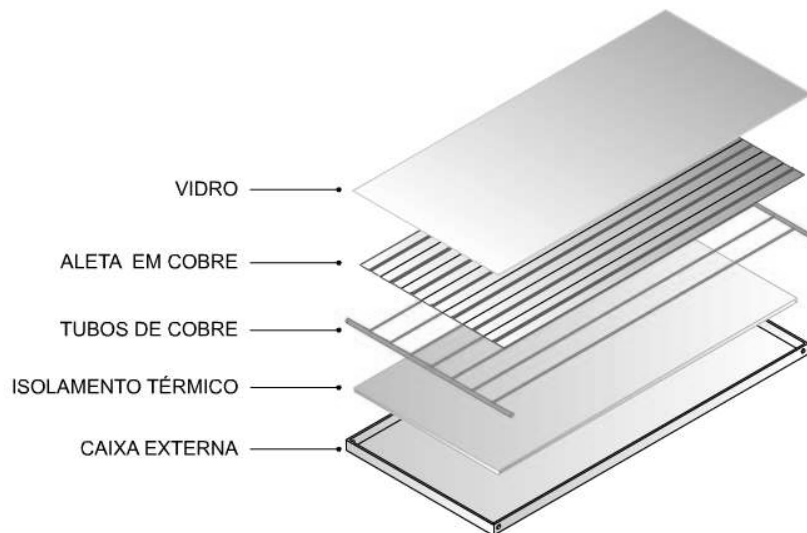
Fonte: Sunlab, 1998/2001

Figura 3 – Concentradores solares para geração heliotérmica

- Os **coletores solares planos fechados** são utilizados para aquecer a água até uma temperatura de 60°C¹⁴ e proporcionar o condicionamento ambiental a partir da energia solar. Um coletor solar plano fechado é constituído por uma caixa externa, isolamento térmico, tubos para escoamento do fluido no interior do coletor, placa absorvedora pintada de preto fosco para melhor absorção da energia solar, cobertura transparente e um sistema de vedação (PEREIRA et al., 2003). Esta tecnologia já é dominada nacionalmente e encontra aplicação em residências, edifícios, hotéis, motéis, indústrias e hospitais.

¹³ Ver também Quaschnig, 2003; Price e Kearney, 1999.

¹⁴ Ver Pereira et al., 2003.



Fonte: Heliotek, 2006

Figura 4 – Coletor solar plano fechado

- Os **coletores solares planos abertos** são utilizados para aquecimento de piscinas e operam a baixa temperatura, entre 28 e 30°C¹⁵. Não possuem cobertura transparente, nem isolamento térmico; o corpo externo é feito na maioria das vezes de materiais termoplásticos, polipropileno, EPDM ou borrachas especiais. Ainda é um mercado muito incipiente no Brasil (PEREIRA et al., 2003).



Fonte: Heliotek, 2006

Figura 5 – Coletor solar plano aberto

¹⁵ Ver Pereira et al., 2003.

- Os **coletores solares de tubos a vácuo** são coletores solares que, para diminuir ainda mais as perdas, utilizam vácuo em seu interior (da ordem de 10^{-4} mmHg), de modo a reduzir a zero suas perdas térmicas e, conseqüentemente, aumentar a temperatura final da água. São compostos por uma série de tubos, cada um com um absorvedor, o que faz com que os raios solares incidam perpendicularmente em suas superfícies durante quase todo o dia, permitindo uma eficiência superior a dos coletores planos. São mais leves, facilitando sua instalação (ENVIRO-FRIENDLY, 2005). São usados para gerar energia térmica para aquecimento de água, pré-aquecimento industrial e refrigeração solar (fonte quente em um ciclo de absorção) (ICAEN, 2003)¹⁶. Este tipo de coletor, como será visto mais adiante, tem grande utilização na China.



Fonte: Enviro-Friendly, 2005

Figura 6 – Coletor solar de tubos a vácuo

A água aquecida através da energia solar também pode ser utilizada para aquecer ambientes. Nestes sistemas, a água aquecida pela energia solar é circulada através do prédio via radiadores ou através de coletores especiais, embutidos em blocos de cimento. Os sistemas de aquecimento solar de espaços geralmente requerem áreas muito maiores de coletores e de reservatórios de água quente, mas o princípio de funcionamento é o mesmo (UNEP, 2003).

Dentre as diversas utilizações da energia solar, apenas os processos ativos de geração de energia térmica, a baixas temperaturas, relacionados aos sistemas de aquecimento de água serão abordados.

¹⁶ Para maiores detalhes, ver Morrison (1999).

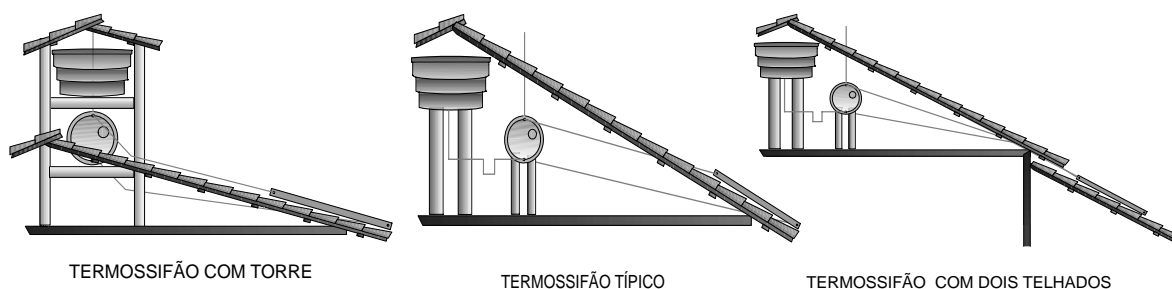
2.1.1 O Aquecimento Solar de Água

2.1.1.1 *Sistemas de Aquecimento Solar*

Um sistema solar de aquecimento de água é composto basicamente de um coletor solar, onde se verifica a conversão da energia solar em energia térmica, um reservatório termicamente isolado e respectiva tubulação de alimentação do sistema e distribuição de água quente. Os coletores solares têm em média uma vida útil de 20 anos¹⁷.

O princípio de funcionamento de um aquecedor solar de água é bastante simples. A radiação solar atravessa o vidro de cobertura e ao encontrar uma superfície geralmente preta é absorvida e reemitida, sofrendo uma alteração no seu comprimento de onda (um aumento), o que a torna incapaz para atravessar de volta o vidro e a partir daí, tem origem uma reemissão desta radiação no sentido vidro/superfície/vidro. Como o coletor se encontra hermeticamente fechado, ocorre um fenômeno conhecido por efeito estufa, portanto responsável pelo aumento progressivo da temperatura da superfície pintada de preto fosco, enquanto durar a ação da radiação solar. Sob a superfície preta e em contato direto com ela, são colocados tubos paralelos ligados nas extremidades por dois tubos de maior diâmetro, contendo água em seu interior. Como a superfície está sendo aquecida pela radiação solar e estando a grade de tubos em contato direto com ela, verifica-se uma transferência de calor para a grade de tubos e desta para a água que se encontra em seu interior. O coletor solar é então ligado por meio de tubos a um tanque termicamente isolado, que conterá o volume de água a ser aquecido, situado sempre acima do coletor. Este aquecimento provoca o movimento convectivo natural, também conhecido como termo-sifão, que consiste na transferência da água de um local para outro devido à diferença de densidades entre a água quente (mais leve) e água fria (mais pesada) e isto ocorre até que a água existente no sistema solar de aquecimento (coletor e reservatório termicamente isolado) atinja o equilíbrio térmico. Se nesta situação um certo volume de água quente é retirado para consumo, imediatamente igual volume de água à temperatura ambiente entra no reservatório termicamente isolado, já que este está diretamente ligado à caixa de água local (BEZERRA, 2001). A seguir, são apresentados os diferentes arranjos entre reservatório de água fria, reservatório de água quente e coletor, que permitem a utilização dos sistemas de termo-sifão.

¹⁷ De acordo com informações de fabricantes de coletores solares, a vida útil destes equipamentos encontra-se na faixa de 15 a 20 anos.



Fonte: Heliotek, 2006

Figura 7 – Esquemas de sistemas solares com convecção natural ou termo-sifão

Os sistemas com circulação natural ou termo-sifão são recomendados para sistemas com capacidade de aquecimento de até 1.500 litros de água por dia e podem apresentar alguns problemas técnicos em relação à localização do tanque (é necessário que o reservatório esteja acima do coletor solar para evitar inversão do fluxo), à circulação lenta do fluido a ser aquecido (em caso de demanda imprevista, o sistema auxiliar de aquecimento é acionado), ao diâmetro da tubulação entre coletor e tanque, que é função da área coletora, da distância dos coletores ao reservatório térmico e da altura deste e à tubulação e reservatório, que devem ser isolados termicamente (MOREIRA, 1985).

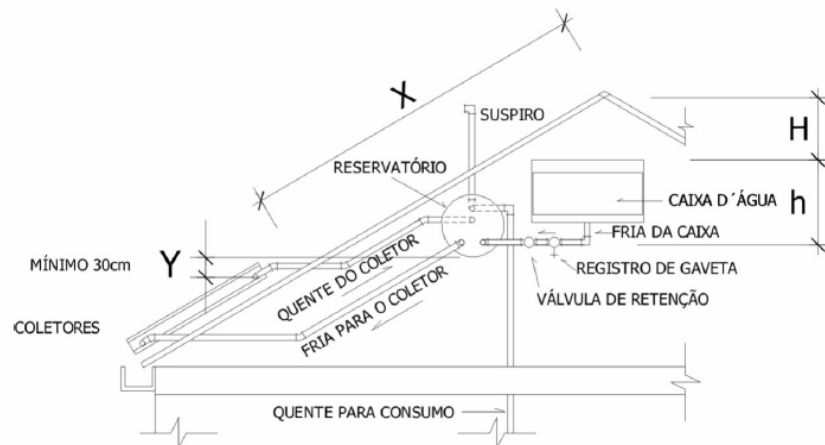
A figura 8 mostra o esquema de um sistema de circulação natural, com algumas medidas que devem ser respeitadas na hora do projeto de um telhado. No esquema a seguir, elaborado por Krause e Medeiros (2005), verificam-se espaços não edificantes (X), resultado de algumas decisões a critério do arquiteto e outras pelas regras da Física:

- como a caixa d'água deve poder ser limpa, é preciso prever um espaço para que se tire a tampa e se limpe o lado interno (H);
- em seguida, um outro (h), que é o resultado da altura da caixa d'água projetada e o espaço para colocação do joelho que leva até a entrada de água fria do reservatório, que deve ser mais baixo para que a gravidade faça naturalmente o abastecimento da água fria necessária da caixa d'água para o *boiler*;
- para o sistema funcionar corretamente por termo-sifão, a Física diz que é necessário um desnível vertical (Y) mínimo de 30 cm¹⁸ entre a parte de baixo do *boiler* e a saída de água quente (parte superior) da placa coletora, bem como um desnível da parte de cima do coletor para a entrada de água quente do *boiler*.

Outras disposições relativas do sistema boiler-caixa d'água-coletor são possíveis, desde que os desníveis sejam respeitados. Da mesma forma, para os que podem optar por

¹⁸ Alguns fabricantes falam em máximo de 5 metros para baixa pressão (KRAUSE e MEDEIROS, 2005).

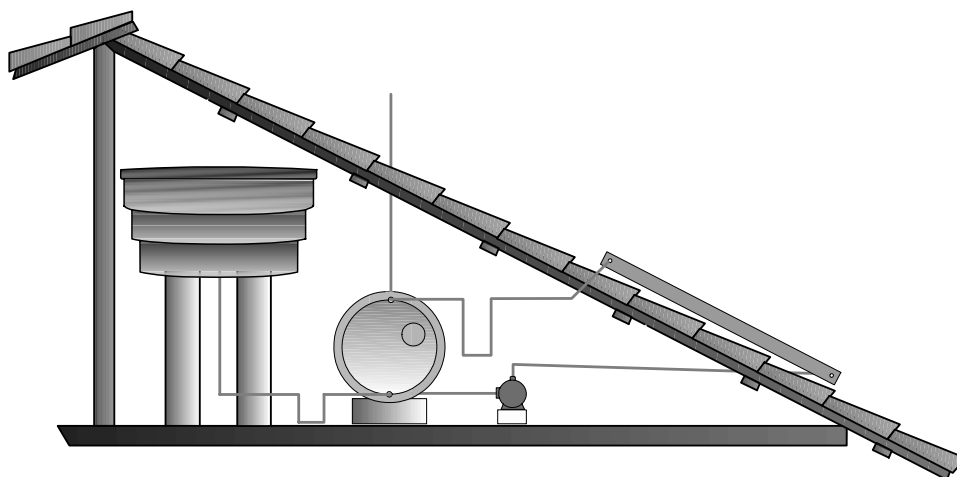
telhados com bastante pé-direito, o *boiler* vertical é ainda mais eficiente que o mesmo *boiler* colocado na horizontal (KRAUSE e MEDEIROS, 2005).



Fonte: Krause e Medeiros, 2005

Figura 8 – Corte esquemático de um telhado com os principais elementos para aquecimento solar – funcionamento por termo-sifão

Para sistemas com capacidade superior ou na impossibilidade técnica de atender aos requisitos técnicos necessários, deve-se optar pela instalação de um sistema de aquecimento por circulação forçada ou bombeada, onde são adicionados dois novos componentes: o sistema de bombeamento de água e o controlador diferencial de temperatura (INSTITUTO DE HOSPITALIDADE, 2005). A figura a seguir mostra o esquema de um sistema solar com convecção forçada.



Fonte: Heliotek, 2006

Figura 9 – Esquema de um sistema solar com convecção forçada

O ideal é pensar, ainda durante a fase do projeto de uma edificação, na arquitetura que beneficie a utilização dos sistemas de aquecimento solar com convecção natural,

permitindo que, utilizando coletores solares na melhor posição, seja obtida uma maior eficiência, reduzindo o investimento inicial.

Como o coletor trabalha segundo a absorção da radiação solar, ele também é operacional nos dias nublados, pois o infravermelho atravessa as nuvens e aquece o coletor, só que com menor intensidade¹⁹ em relação aos dias ensolarados, porém o suficiente para produzir água quente. O sistema solar de aquecimento de água só não funciona em dias chuvosos, quando será necessário utilizar um sistema convencional, seja ele elétrico ou a gás (BEZERRA, 2001).

Para tentar minimizar o custo geral do sistema de aquecimento da água, pode ser utilizado um pré-aquecedor solar (que eleva a temperatura da água até cerca de 30°C), que consiste em um chuveiro elétrico de baixa potência (resistor de 1.650 W), auxiliado por um aquecedor solar de baixo custo. Neste sistema, o chuveiro de baixa potência eleva a temperatura até a do banho (aproximadamente 40-50°C), quando necessário. Conta também com um resistor elétrico (350 W) no reservatório térmico, também de potência reduzida, para garantir a energia em dias de baixa radiação solar incidente. A soma da potência dos dois resistores (2.000 W) é menor do que a metade da potência dos chuveiros elétricos comuns (4.400 W) (OLIVA e BORGES, 1996). Como o emprego do pré-aquecedor solar requer uma temperatura mínima de fornecimento de água pelo coletor de 30° C, o mesmo pode ser subdimensionado em relação aos sistemas convencionais, o que certamente resultará na diminuição do custo final do sistema²⁰.

A instalação de sistemas solares necessita de alguns cuidados especiais e instaladores e projetistas devem seguir algumas orientações quanto ao posicionamento dos painéis, seu grau de inclinação, área disponível para a instalação do sistema, dimensionamento correto para atender à demanda local, existência de sombras que reduzam o resultado esperado, verificação da existência de tubulações separadas de águas quente e fria, análise das condições climáticas locais e as condições de fornecimento de produtos certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Uma placa não certificada, dada à facilidade de certificação, deve conduzir a uma suspeita quanto a seu funcionamento ao longo do tempo. Se a borracha vedante for de má qualidade, pode ressecar e o ar quente aprisionado escapará; o vidro

¹⁹ Em junho, a insolação média é reduzida em 90% em relação à insolação média anual (Instituto Nacional de Meteorologia – INMET - 1931/1990).

²⁰ Uma outra medida a ser adotada para redução de custos, é a implantação dos sistemas solares somente após a realização de medidas de eficiência energética do estabelecimento. A redução do consumo de energia elétrica fará com que menor área coletora seja necessária, e, conseqüentemente, um menor investimento inicial precise ser desembolsado.

poderá trincar pela diferença brusca de temperatura entre períodos de intensa insolação e chuvas repentinas, tão comuns ao clima brasileiro e outros problemas poderão ocasionar a perda de aquecimento de água (KRAUSE e MEDEIROS, 2005).

Segundo SANTOS e ROSA (2002), a melhor inclinação para os painéis é a latitude do local mais dez graus, para que a incidência solar sobre o coletor seja a mais perpendicular possível durante todo o ano. Os painéis deverão estar orientados para o Norte verdadeiro no hemisfério Sul. O posicionamento deve favorecer a situação mais crítica, ou seja, no inverno, quando se consome mais água quente. Com o aumento do conforto e por considerar que a energia do sol utilizada para o aquecimento da água é gratuita, há um aumento de consumo. Por isso, no dimensionamento do sistema solar, o tempo de banho a ser considerado deve ser mais elevado²¹. Em instalações em que a direção do telhado em relação ao Norte e sua respectiva inclinação não estiverem favoráveis, é necessária a ampliação da área de coletores solares para compensar as possíveis perdas. É recomendável que sejam instaladas, dependendo do tamanho do sistema solar, baterias de coletores separados para permitir a manutenção periódica dos mesmos, sem provocar falta de água (MOREIRA, 1985).

No caso de construções acima de 10 ou 20 andares, a instalação do sistema solar pode tornar-se inviável devido à área da cobertura ser insuficiente para a colocação do número necessário de coletores para atender à demanda (MOREIRA, 1985).

Sombras de um prédio no outro diminuem a conversão dos painéis. Este problema poderia ser minimizado caso houvesse exigências quanto às distâncias entre as edificações e à padronização da altura de acordo com a zona na qual estejam inseridas (SANTOS e ROSA, 2002).

Quando a instalação do sistema e suas peculiaridades construtivas (espaço na cobertura e instalações separadas de água fria/quente, principalmente) são previstas no projeto de novas construções, o investimento pode ser reduzido a menos de 5% do custo final da edificação completa, segundo SANTOS e ROSA (2002).

²¹ A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), em seu Manual Técnico de Aquecimento Solar (2002), cita como um tempo médio para o banho de 8 a 10 minutos, considerando o uso do chuveiro elétrico. Com o aquecimento solar, este tempo poderia ser estimado em 15 minutos, tempo gasto em locais com sistemas de aquecimento central (MOREIRA, 1985).

2.1.1.2 *Vantagens do Aquecimento Solar*

A utilização de aquecimento solar não deixa de ser uma forma de conservação de energia elétrica e como tal, tem impacto sobre três aspectos: **econômico**, podendo ser subdividido em macroeconômico (quando a conservação de energia elétrica permite que o Estado diminua seus investimentos na geração de eletricidade) e em microeconômico (quando o aumento da eficiência diminui o consumo energético de determinados equipamentos e acarreta uma redução do custo de produção); **planejamento do setor energético**, quando ao se evitar ou retardar os investimentos na geração de eletricidade, tem-se maior flexibilidade para se planejar a expansão dos sistemas de produção de energia elétrica; e **social e ambiental**, quando na substituição de uma tecnologia por outra de menor consumo energético ocorre uma diminuição do impacto ambiental intrínseco àquela atividade (MADUREIRA, 1996).

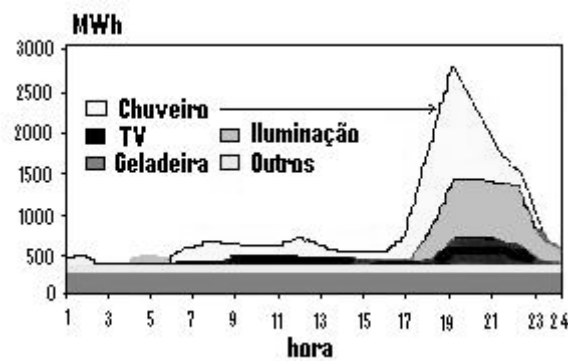
A implantação de sistemas de coletores solares representa para a concessionária uma das alternativas para se aplicar o Gerenciamento pelo Lado da Demanda. Um dos objetivos do GLD é minimizar a carga na ponta, reduzindo-a ou deslocando-a para outro horário, fazendo com que os consumidores finais sejam estimulados a transferir seus horários de consumo de energia (CHADE, 2004). As atividades de GLD incluem o gerenciamento de carga, a conservação de energia, a eletrificação e o crescimento estratégico do mercado. Para a concessionária²², a atuação em GLD pode representar um recurso para minimizar casos de furtos de energia, aumentar o fator de carga do sistema elétrico e manter a confiabilidade. Para o consumidor, pode significar uma melhoria da qualidade do serviço recebido da concessionária (OLIVA e BORGES, 1996).

Segundo Chade (2004)²³, os principais tipos de programas de GLD utilizados são a redução da ponta de carga, redução estratégica de carga, preenchimento de vales, crescimento estratégico de carga, deslocamento de carga e flexibilidade da carga. No programa em que se busca a alteração do nível de consumo através da substituição de equipamentos mais eficientes ou alternativos, pode-se considerar a substituição dos chuveiros elétricos por aquecedores solares. O chuveiro elétrico é considerado o grande responsável pelo valor da conta de eletricidade do setor residencial; seu uso torna-se

²² Na Tailândia, onde o uso em ar condicionado representa 78% do consumo anual de eletricidade de um hotel, uma das medidas adotadas para o Gerenciamento pelo Lado da Demanda neste setor foi a utilização de sistema de termocumulação de frio (LIMMEECHOKCHAI e CHUNGPAIBULPATANA, 2001).

²³ Ver também Swisher et al., 1997.

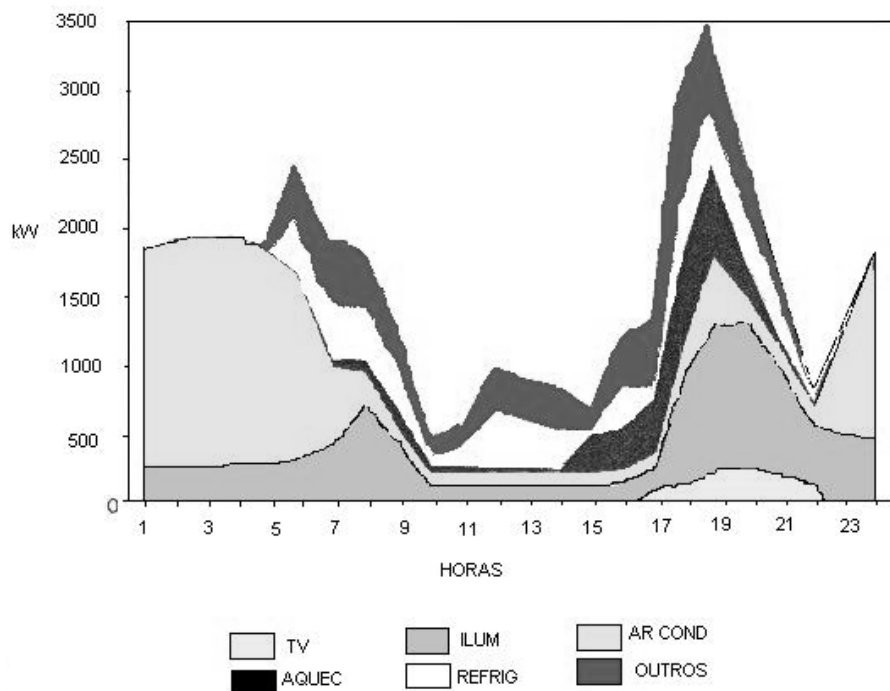
inadequado para o sistema elétrico em função do horário de uso (principalmente no horário de ponta), de sua elevada potência (que vem aumentando nos últimos anos) e de seu reduzido período de uso (baixo fator de carga) (OLIVA e BORGES, 1996). A figura 10 apresenta uma curva de carga típica dos consumidores residenciais da área de atuação da CEMIG. Verifica-se que o chuveiro elétrico é o que tem maior impacto no aumento do consumo no horário de pico.



Fonte: Ferreira, 2004

Figura 10 – Participação do chuveiro elétrico na curva de carga residencial de Minas Gerais

A figura 11 mostra a participação do aquecimento no horário de pico para um hotel na Bahia, em 1995, mostrando que neste setor, o aquecimento também tem forte influência na demanda do horário mais crítico do sistema elétrico.



Fonte: Pesquisa de Hábitos de Consumo e Posse de Equipamentos na Rede Hoteleira de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália (1996)

Figura 11 – Participação do chuveiro elétrico na curva de carga de um hotel na Bahia

Segundo Oliva e Borges (1996), a implantação de sistemas solares para aquecimento de água poderá beneficiar as concessionárias de energia elétrica através de:

- redução da potência no horário de ponta;
- deslocamento da energia elétrica conservada em segmentos de baixo consumo para outros segmentos de mercados produtivos;
- melhoria do desempenho da concessionária devido ao aumento do fator de carga, o que leva à otimização da utilização do sistema elétrico e uma maior rentabilidade na comercialização de energia;
- melhoria dos serviços prestados aos clientes, pois oferece alternativas tecnológicas para enfrentar possíveis aumentos de custos decorrentes da adoção de uma tarifação maior; e,
- contribuição ao combate à fraude (furto de energia) e à redução de inadimplência, que tem se tornado uma constante entre os consumidores de energia elétrica de baixa renda, especialmente nos grandes centros urbanos²⁴.

Já o consumidor final, de acordo com Oliva e Borges (1996), será beneficiado através da economia obtida em sua conta de energia elétrica e do maior conforto, principalmente no período de inverno, pela maior vazão de água quente (já que com os chuveiros elétricos, para se obter água quente deve-se abrir o registro o mínimo possível). A economia na conta de energia elétrica significa maior orçamento disponível²⁵.

A sociedade como um todo também será beneficiada com o incentivo à implantação destes sistemas, pois, segundo Oliva e Borges (1996) e Faria (2004):

- há o aproveitamento da energia solar, que é uma fonte gratuita de energia, abundante e não poluente;
- há a contribuição para a preservação do meio ambiente por conservar a energia elétrica, o que pode levar à redução da necessidade de construção de obras de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que causam impactos ambientais;

²⁴ Vide Revista SOLBRASIL nº 3, 2005.

²⁵ Em climas temperados, um aquecedor solar de água padrão pode geralmente atender a 50 a 65% das necessidades de água quente domésticas, enquanto que em climas subtropicais, como no Brasil, essa porcentagem pode chegar a 80 a 100% (UNEP, 2003).

- contribui para a redução das dificuldades para o suprimento de energia e de potência que eventualmente venham a ocorrer no sistema elétrico nacional nos próximos anos e para a diversificação da matriz energética;
- promove a redução da emissão de gases do efeito estufa e outros poluentes, desde que a geração substituída seja termelétrica de base fóssil; e,
- cria empregos locais diretos e indiretos²⁶.

2.1.1.3 Comparação entre diferentes tipos de aquecimento de água

Atualmente, o aquecimento de água para banho pode ser feito utilizando-se o aquecimento elétrico (normalmente feito por meio de resistências metálicas de imersão), através dos chuveiros elétricos e dos sistemas elétricos de passagem e acumulação (“*boilers*”), o aquecimento a gás (com acumulação e instantâneo) e o aquecimento solar. A energia solar possui custo de coleta nulo, operacional desprezível, sendo encontrada com grande disponibilidade, porém com baixa densidade de energia, requerendo grandes áreas de captação com equipamentos de alto custo. Já os sistemas elétricos apresentam a possibilidade de aproveitamento da energia com excelente resolução espacial e alta densidade de energia, requerendo do usuário um baixo investimento inicial, porém alto custo operacional (MOREIRA, 1985).

- **Chuveiro elétrico:** É um aquecedor de passagem instalado na própria peça de utilização. O aquecimento elétrico é feito automaticamente ao se abrir o registro de uso. A resistência elétrica é acionada por pressão da própria água. Devido a este aquecimento imediato de temperatura da água antes do consumo, a potência do chuveiro elétrico é bem superior a dos *boilers*²⁷. Uma vez ligado com uma dada regulagem (inverno ou verão), o chuveiro elétrico tem o consumo de energia elétrica independente da vazão, sendo o calor não absorvido pela água dissipado para o ambiente (MOREIRA, 1985). O chuveiro elétrico, por ter baixo custo²⁸ e ser de fácil instalação, é o mais utilizado em residências e nos locais onde a rede de gás natural ainda não chegou; porém, apresenta riscos de descargas elétricas e

²⁶ De acordo com a ABRAVA, a instalação de 1 milhão de aquecedores solares propiciaria a geração de 8.000 novos empregos na indústria, 14.000 novos instaladores, 4.000 vendedores e distribuidores e 4.000 técnicos de nível médio. Para maiores detalhes, ver Pereira et al. (2003).

²⁷ Enquanto a potência média dos chuveiros elétricos é de 4.400 W, a dos *boilers* elétricos é de 2.500 W até 600 litros de capacidade (HELIOTEK, 2006).

²⁸ Encontram-se hoje no mercado, chuveiros elétricos com potência de 5.400 W, com três estágios de temperatura, por R\$ 40,00 (LORENZETI, 2006).

baixa vazão para se obter água em alta temperatura; tem alta eficiência térmica²⁹ e perdas térmicas reduzidas devido à proximidade do local de consumo. Possui um restrito número de opções de temperaturas para uma dada vazão de água (MATAJS e FAGÁ, 1996).

- **Boiler elétrico:** É um aquecedor de acumulação, onde um elemento resistivo lentamente aquece a água, controlado por um termostato, que faz operar a resistência elétrica quando a temperatura da água em contato está abaixo de um limite, e o desliga quando a água atinge uma temperatura adequada. O ajuste de temperatura pode ser feito pelo próprio usuário. O *boiler* deve ser bem isolado termicamente para manter a temperatura por longo tempo. No *boiler*, a maior parte do calor é absorvido pela água, havendo entretanto perdas maiores ou menores, dependendo do isolamento térmico do reservatório, quando o tempo de residência da água é grande. Os sistemas elétricos de acumulação (*boilers*) têm maior custo³⁰ quando comparados aos chuveiros elétricos, apresentam perdas no acumulador (cerca de 20 a 30%)³¹ e na tubulação e há sempre consumo de energia quando o sistema está em *stand-by*. O rendimento térmico do aquecedor de acumulação elétrico é de 70 a 80%, conforme a qualidade do isolamento térmico do reservatório e da tubulação de distribuição para os pontos de consumo³². Podem representar uma opção ao chuveiro elétrico, caso o deslocamento do consumo de energia elétrica na ponta seja a principal prioridade para a concessionária (MATAJS e FAGÁ, 1996). Para o consumidor, as vantagens são o conforto³³ proporcionado, a instalação elétrica de menor infra-estrutura e a segurança operacional.
- **Aquecedores de passagem elétricos:** São equipamentos mais potentes³⁴ (aproximadamente, duas vezes mais) que os chuveiros elétricos e têm a vantagem de poder atender a todos os pontos do banheiro e não só ao chuveiro. No entanto,

²⁹ A eficiência térmica de um chuveiro elétrico encontra-se na faixa de 90%; porém, o uso do chuveiro implica em perdas da ordem de 35% da energia elétrica, desde que sejam consideradas também as ineficiências desde a geração da eletricidade – perdas na transmissão ($\approx 15\%$) e rendimento das turbinas ($\approx 90\%$). Do ponto de vista qualitativo do uso energético, o uso do chuveiro elétrico degrada praticamente toda a energia elétrica que por ele passa, fato este comprovado por sua baixa eficiência exergética: 3,1% (MADUREIRA, 1995).

³⁰ Os preços de aquecedores elétricos de acumulação de 500 litros encontram-se na faixa de R\$ 1.600,00 (HELIOTEK, 2006).

³¹ Ver Madureira, 1995

³² Ver Madureira, 1995

³³ O nível de conforto está relacionado à temperatura e ao nível de vazão de água, à autonomia do sistema e à praticidade de uso.

³⁴ A potência destes equipamentos vai de 8.200 a 9.000 W (INMETRO, 2006).

além de exigirem uma instalação hidráulica mais cara, por ser necessária uma rede de água quente e outra de água fria, seu custo é cerca de dez vezes superior ao do chuveiro elétrico (POLLIS et al., 1995). Quanto ao consumo de energia elétrica não apresentam nenhuma vantagem; pelo contrário, aumentam o consumo devido à sua maior potência.

- **Aquecedor de passagem a gás (instantâneo)**³⁵: Neste equipamento, a água ao circular por uma serpentina, é aquecida por queimadores de gás. Tem uma potência de cerca de oito vezes a de um chuveiro elétrico, e garante portanto, um excelente desempenho com altas vazões (6 a 37 l/min³⁶) a temperaturas confortáveis (superiores a 40°C) e com ampla flexibilidade de regulagem (MATAJS e FAGÁ, 1996). Permite a distribuição por diversos pontos da residência. O seu custo operacional energético é bem menor. Em cidades com rede de distribuição de gás natural, é a melhor opção. Tem como vantagem o fato de dispensar o uso de energia elétrica, mas requer uma instalação de gás com uma série de exigências relativas à segurança. Também requer uma instalação hidráulica específica só para água quente, o que onera ainda mais o seu custo.
- **Aquecedor de acumulação a gás**: Seu princípio de funcionamento é semelhante ao do *boiler* elétrico. As diferenças são no sistema de aquecimento que, sendo a gás, opera por meio de queimadores que são acesos por uma chama piloto quando um termostato detecta que a temperatura caiu e libera a passagem de gás; possui também uma chaminé para exaustão dos gases e necessita de um nível maior de exigências quanto à segurança a ser cumprido. Não pode, portanto, ser instalado no forro de residências, nem em locais sem ventilação adequada. Sua instalação é onerosa e exige mão-de-obra qualificada; necessita de instalação hidráulica própria e bastante dispendiosa. Os aquecedores de acumulação a gás oferecem água quente farta³⁷ e com ótimo nível de conforto³⁸; sua eficiência térmica é de 74%³⁹ e seu uso torna-se interessante nas cidades que dispõem de rede de distribuição de gás e, uma vez instalado, o *boiler* a gás garante um sistema de ótimo desempenho e baixo custo operacional (POLLIS et al., 1995).

³⁵ Os aquecedores a gás instantâneos possuem uma eficiência térmica da ordem de 77% e uma eficiência exergética inferior a 3% (MADUREIRA, 1995).

³⁶ Conforme dados de fabricantes de aquecedores.

³⁷ Cerca de 150 l/min (INMETRO, 2006).

³⁸ Esse tipo de aquecedor pode atingir até 70 °C, segundo o fabricante Cumulus.

³⁹ Ver Madureira, 1995.

- **Aquecedores solares:** Da mesma forma que os aquecedores de acumulação a gás ou elétrico, o aquecedor solar também exige um reservatório de acumulação para armazenagem de água quente e uma rede hidráulica especial para distribuição da água quente, porém não requer cuidados especiais no aspecto de segurança das instalações. Devido à sazonalidade e aos dias de pouca insolação, nublados ou chuvosos, eles não têm condições de atender às necessidades totais de água quente, e por isso, necessitam de um sistema de aquecimento complementar, que pode ser elétrico de baixa potência ou a gás. De acordo com Pollis et al. (1995), o emprego dos aquecedores solares permite uma redução de demanda nos horários de ponta, mesmo nos dias de fraca insolação, de no mínimo 77% em relação ao chuveiro elétrico, tendo, no entanto, a desvantagem adicional de que normalmente as distâncias a serem percorridas pela água quente são maiores. Quanto à manutenção, para sistemas residenciais de pequeno porte, é mínima durante sua vida útil, resumindo-se a uma limpeza semestral do vidro do coletor. Um aquecedor solar proporciona uma redução de mais de 80% do consumo de energia elétrica em relação à que seria consumida em sistemas permanentes elétricos, desde que adequadamente dimensionado e instalado⁴⁰.

2.1.1.4 Dimensionamento dos Sistemas

Para dimensionar um sistema de aquecimento solar, vários fatores devem ser considerados, tais como a insolação e radiação solar média do local de instalação, as temperaturas ambiente e de entrada da água, os hábitos regionais, o número de pontos de consumo, a orientação dos painéis e a incidência de sombras.

A insolação média anual para algumas localidades brasileiras, de acordo com os dados constantes do Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000) é mostrada na tabela 1:

Cidade	Horas de sol/ano
Fortaleza	2.847
Recife	2.883
Salvador	2.628
Belém	2.409
Florianópolis	2.080

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000)

⁴⁰ Ver Madureira, 1995.

⁴¹ Barcelona, na Espanha, tem uma insolação média de 2.350 horas por ano (ENERGIE-CITÉS, 1999). Portugal tem 2.581 horas de insolação por ano (SOLAR UPDATE, 2001).

Outro dado importante utilizado para o dimensionamento dos coletores solares é o nível de radiação solar média da região onde serão utilizados. A tabela 2 mostra os valores para algumas cidades do Brasil.

Tabela 2 – Radiação solar média diária em cidades brasileiras

Cidade	kWh/m².dia	Cidade	kWh/m².dia
Recife	5,71	Manaus	4,92
Natal	5,66	São Luís	4,91
Fortaleza	5,56	Vitória	4,88
João Pessoa	5,50	Salvador	4,87
Aracaju	5,47	São Paulo	4,45
Maceió	5,37	Porto Alegre	4,45
Cuiabá	5,10	Belo Horizonte	4,35
Belém	5,05	Rio de Janeiro	4,30
Goiânia	5,00	Florianópolis	4,24
Brasília	4,93	Curitiba	3,72

Fonte: Sun Data v 1.0 (CRESESB, 1993)

A tabela 3 mostra os valores de radiação solar para outras localidades no resto do mundo.

Tabela 3 – Radiação solar média diária de diversas localidades

Local	kWh/m².dia	Cidade	kWh/m².dia
Norte da Ásia	2,0 – 4,0	Austrália e Pacífico	3,0 – 6,0
Sul da Ásia	3,0 – 6,0	Chipre	5,4
Norte e Centro da África	4,0 – 6,5	América do Sul	3,0 – 5,0
Europa	2,0 – 4,0	América do Norte	2,0 – 4,0
Portugal ⁴²	4,6		

Fontes: UNEP, 2003; Papamarcou e Kalogirou, 2001 e Solar Update, 2001

A definição da inclinação do coletor solar depende da latitude e das condições climáticas do local, portanto, é variável em função da localização geográfica de cada local. A tabela 4 apresenta valores de latitudes de algumas capitais brasileiras.

Tabela 4 – Latitudes de algumas capitais brasileiras

Cidade	Latitude	Cidade	Latitude
Belo Horizonte	20°	Manaus	2°
Brasília	16°	Natal	6°
Campo Grande	20°	Porto Alegre	30°
Cuiabá	16°	Recife	8°
Curitiba	25°	Rio de Janeiro	23°
Florianópolis	28°	Salvador	13°
Fortaleza	4°	São Paulo	24°

Fonte: CPT, 2001

⁴² O nível da radiação solar em Portugal é comparável a dos países da Europa Mediterrânea, sendo ultrapassada por países do interior no norte da África (SOLAR UPDATE, 2001).

O cálculo da área coletora é feito, segundo Bohn (2002), conforme a expressão a seguir:

$$S = Q/(I \times R)$$

onde:

S = a área (m²);

Q = calor necessário (kcal/dia), calculado a partir da expressão $Q = m.c.(T_{\text{água}} - T_{\text{amb}})$;

m = massa (ou volume) de água a ser aquecida;

c = calor específico da água (assumido constante para o diferencial de temperatura do coletor solar);

I = intensidade da radiação solar (kWh/m².dia ou kcal/m².h); e,

R = rendimento dos coletores.

No aquecimento solar, adota-se um reservatório com volume igual ao consumo diário; portanto, maior que nos demais sistemas, devido à intermitência da insolação.

A instalação de mais coletores do que o necessário para atender à demanda local resulta uma maior velocidade de aquecimento e, conseqüentemente, poderá elevar a temperatura da água. A vantagem maior será sentida em dias em que a incidência solar estiver limitada por formações de nuvens intensas e nos dias de baixas temperaturas e vento. Uma temperatura maior da água quente significa que um menor volume do reservatório será utilizado, ou seja, a proporção entre água fria e água quente na hora de misturá-las no banho será maior.

O consumo diário de água quente de um estabelecimento não ocorre de forma uniforme ao longo das 24 horas diárias; ocorrem picos de consumo. A tabela 5 apresenta alguns dados que podem auxiliar no dimensionamento do sistema de aquecimento solar.

Tabela 5 – Dados para escolha do aquecedor adequado

Tipo de Edifício	Consumo Diário a 60 ° C	Consumo nas horas de pico (l/h)	Duração do pico (h)
Residências Apartamentos Hotéis	60,0 l/pessoa	1/7	4
Edifícios de escritórios	2,5 l/pessoa	1/5	2
Fábricas	6,3 l/pessoa	1/3	1

Fonte: Bohn, 2002

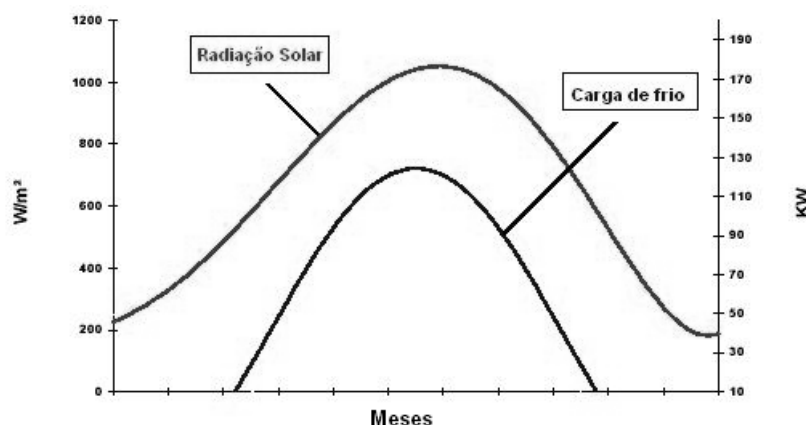
A temperatura mínima com que a água quente deve ser fornecida depende do uso a que se destina, conforme pode ser visto na tabela 6. Nos pontos de consumo poderá ser feita uma dosagem com água fria, para obter temperaturas menores.

Tabela 6 – Temperatura mínima de fornecimento de água quente	
Uso final/Aplicação	Temperatura mínima (°C)
Hospitais e laboratórios	100 ou mais
Lavanderias	75 a 85
Cozinhas	60 a 75
Uso pessoal e banhos	35 a 50

Fonte: ABNT - NBR 7198/82

2.1.2 Condicionamento Ambiental

Além de poder aproveitar a energia solar para aquecer água e ambientes, outra utilização bastante promissora é a geração de frio para condicionamento ambiental. A grande vantagem em utilizar a energia solar é que as cargas sazonais de resfriamento coincidem com a alta disponibilidade de radiação solar, conforme mostra a figura 12. No entanto, os sistemas são complexos e as tecnologias envolvidas, como os *chillers* “alimentados” termicamente, não são geralmente projetados para operarem com calor solar.



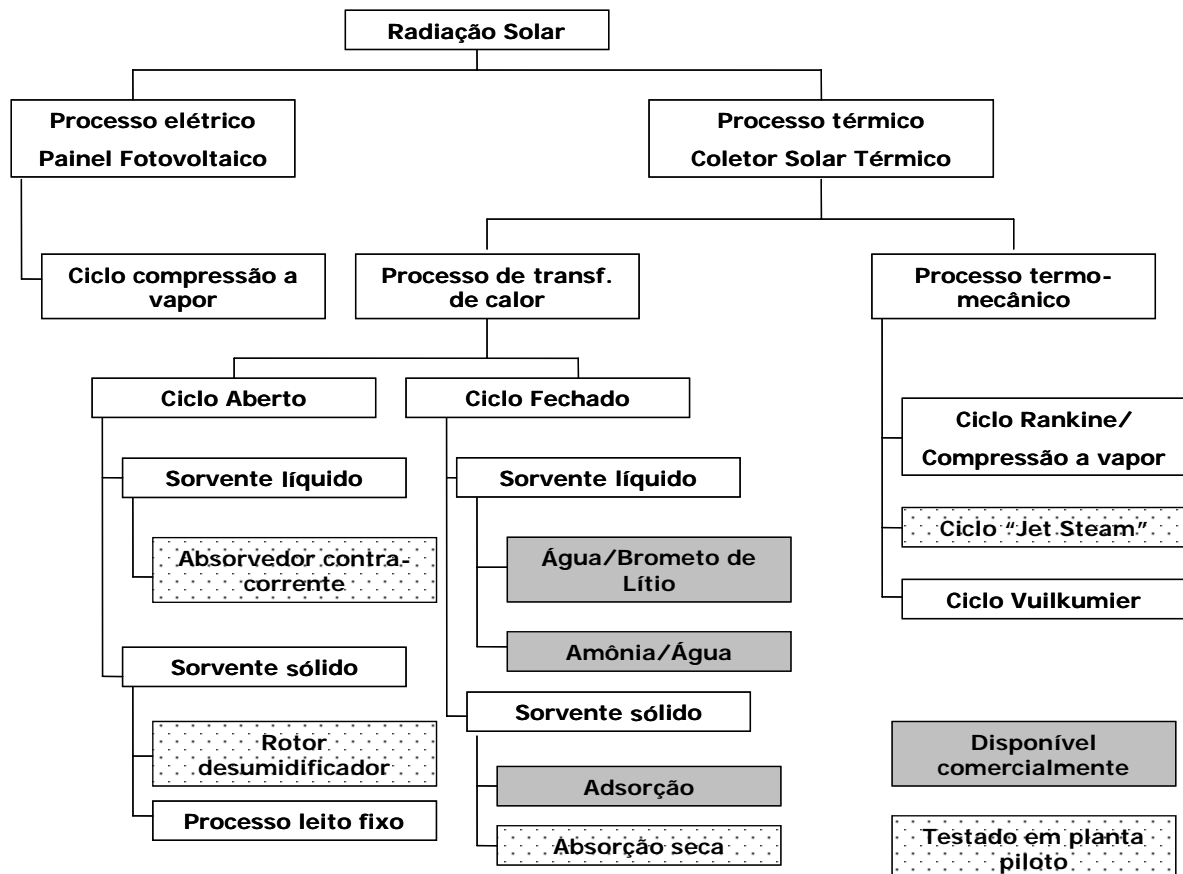
Fonte: Koldehoff, 2004

Figura 12 – Curvas de radiação solar e demanda de frio

Usando coletores concentradores, a energia solar pode ser convertida em energia elétrica, que pode então, ser utilizada para operar um refrigerador de compressão a

vapor para produzir frio. Simultaneamente, o calor rejeitado pelo gerador pode ser usado para alimentar um refrigerador de absorção. Este sistema é chamado de sistema de cogeração solar para condicionamento de ar e refrigeração e pode representar um duplo papel: economizar energia e reduzir a poluição ambiental (GÖKTUN, 1999)⁴³.

A figura 13 apresenta as diversas possibilidades de se aproveitar a energia solar para geração de frio:



Fonte: Koldehoff, 2004

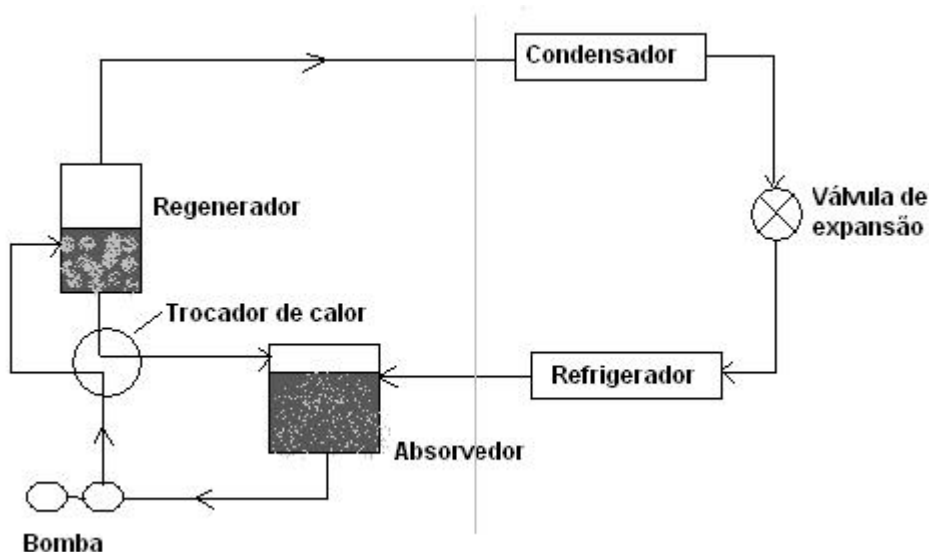
Figura 13 – Opções de obtenção de frio a partir da energia solar

Os dois tipos principais de sistemas utilizados para o aproveitamento da energia solar para condicionamento ambiental são os de ciclo aberto para tratamento direto do ar (resfriamento, desumidificação) e os de ciclo fechado para a produção de água vinda do *chiller* (*chilled water*) (HENNING, 2004).

A tecnologia dominante, a dos *chillers* “alimentados” termicamente, baseia-se no processo de absorção. *Chillers* de absorção geralmente consistem de vários trocadores

⁴³ Ver também Göktun e Özkaynak, 2001.

de calor – evaporador, absorvedor, gerador e condensador. Além do refrigerante, os *chillers* de absorção necessitam de um segundo fluido de trabalho, chamado de substância absorvedora (solução de brometo de lítio ou solução de água). Os sistemas de resfriamento solar consistem basicamente de um *chiller* de absorção, usando um refrigerante, como água ou amônia, um coletor solar para fornecer o calor injetado no regenerador do *chiller* de absorção e uma torre seca ou úmida de resfriamento; é necessário também o armazenamento do calor solar e do frio produzido e um sistema de aquecimento adicional para os momentos em que o calor solar não for suficiente⁴⁴. A figura 14 apresenta um esquema do sistema de absorção. O refrigerante sai do evaporador, entra no absorvedor e segue para uma bomba onde sua pressão aumenta. Em seguida, no regenerador (ou gerador), adiciona-se calor para recuperar a substância absorvedora, que volta para o absorvedor, e o refrigerante segue para o condensador do ciclo de refrigeração. O calor para o regenerador pode vir da queima de um combustível, que permite o uso de um ciclo de mais de um estágio, ou de um calor de menor qualidade (de coletores solares), para uso em ciclos de efeito (estágio) simples.



Nota: Este esquema representa um ciclo de simples efeito, sendo que o calor a ser fornecido ao regenerador advém de um coletor solar

Figura 14 – Esquema de um sistema de absorção, a partir da energia solar

Os *chillers* de absorção atualmente oferecidos pelo mercado (para todas as aplicações) apresentam uma larga variedade de capacidades e de desenhos de acordo com as diferentes aplicações, geralmente acima de 100 kW; recentemente, algumas máquinas vêm sendo desenvolvidas para fornecer 20 kW ou menos de frio. Sob condições

⁴⁴ Ver Solare Klimatisierung, s/d.

normais de operação, estas máquinas em simples efeito necessitam que o calor admitido esteja entre 80 e 100°C e alcançam um coeficiente de *performance*⁴⁵ (COP) de aproximadamente 0,70⁴⁶.

Outra tecnologia existente é a que utiliza o processo de adsorção, no qual as moléculas de uma substância são adsorvidas na superfície interna de outra substância. A evaporação e adsorção de um refrigerante (geralmente água) produzem um efeito de resfriamento utilizável⁴⁷.

Além dos sistemas que usam uma substância adsorvedora líquida, existem máquinas que utilizam materiais sólidos. Nestes ciclos, uma operação quase contínua requer que pelo menos dois compartimentos, que contêm materiais de adsorção, sejam operados em paralelo. Os sistemas atuais utilizam água como refrigerante e sílica gel como a substância adsorvedora; são compostos basicamente de dois compartimentos com estas substâncias adsorvedoras, o evaporador e o condensador. Enquanto a substância adsorvedora do primeiro compartimento é regenerada usando a água quente da fonte externa de calor (coletor solar), a substância adsorvedora do segundo compartimento (adsorvedor) adsorve o vapor de água vindo do evaporador. Este compartimento é resfriado para alcançar uma adsorção contínua. Até agora, apenas dois fabricantes japoneses⁴⁸ fabricam *chillers* de adsorção. Sob condições típicas de operação, com uma temperatura do calor admitido de, aproximadamente, 80°C, estes sistemas possuem um COP de 0,60. Estes *chillers* são mais caros, pesados e ocupam mais espaço quando comparados aos de absorção (HENNING, 2004).

Enquanto os *chillers* alimentados termicamente produzem “*chilled water*”, que pode ser fornecida a qualquer equipamento de ar condicionado, os ciclos abertos de resfriamento produzem diretamente o ar condicionado. Este ciclo é baseado na combinação do resfriamento evaporativo com a desumidificação do ar por um dessecante (material higroscópico), que pode ser sólido ou líquido.

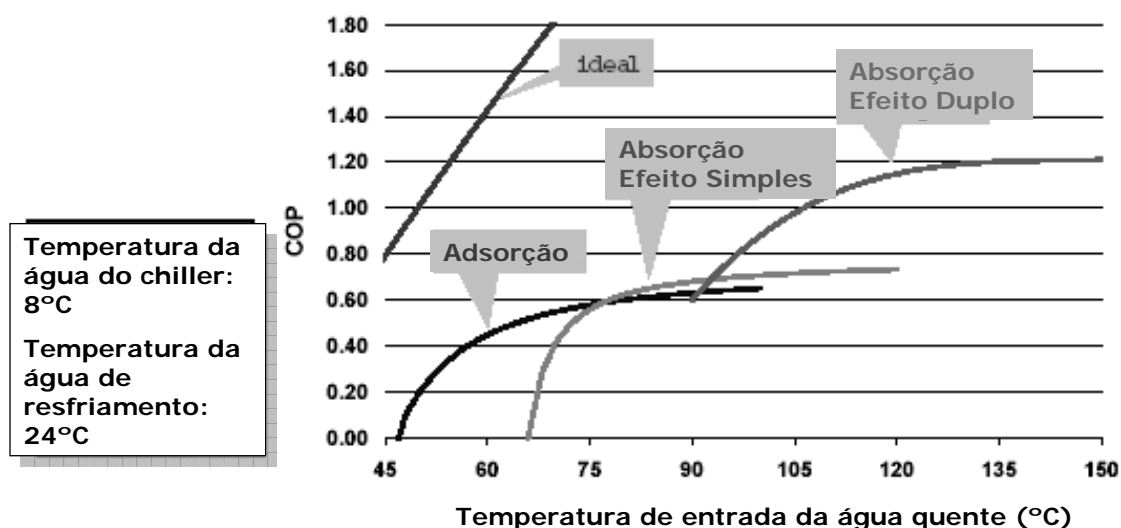
A figura 15 apresenta uma comparação entre os coeficientes de *performance* obtidos a partir dos diferentes sistemas de resfriamento.

⁴⁵ COP é uma grandeza adimensional que representa a quantidade de energia térmica deslocada por um sistema de refrigeração por unidade de energia consumida por este sistema.

⁴⁶ Ver Henning, 2004.

⁴⁷ Ver Solare Klimatisierung, s/d.

⁴⁸ Mayekawa MFG. Co., Ltda e Nishiyodo Kuchouki, Co., Ltda.



Fonte: Koldehoff, 2004

Figura 15 – Comparação entre diferentes sistemas de resfriamento

Em 2004, havia cerca de 70 sistemas instalados na Europa, com uma área total de coletores solares de cerca de 17.000 m² e uma capacidade total de resfriamento de 6 MW (HENNING, 2004). A maioria destes sistemas usa *chillers* de absorção (60%), cerca de 28% são sistemas de resfriamento dessecantes e cerca de 12% usam *chillers* de adsorção (HENNING, 2004). A área coletora média por potência de resfriamento instalada é de 3,9 m²/kW (KOLDEHOFF, 2004).

Em Portugal, assim como em outros países, a demanda energética vem aumentando devido ao crescimento da utilização de aparelhos de ar condicionado. Devido a esta tendência e às condições climáticas favoráveis, Portugal vem buscando a participação em diversos projetos focados nas tecnologias de resfriamento evaporativo dessecante (DEC) e ciclos de absorção. Em 2001, dois sistemas DEC de demonstração estavam em operação em Lisboa e uma máquina de absorção movida a gás e energia solar está sendo montada para testes (SOLAR UPDATE, 2001).

O aproveitamento solar para o resfriamento de ambientes ainda é uma tecnologia bastante recente e pouco competitiva economicamente⁴⁹ e, por isso, ainda necessita de mais testes em plantas piloto e em nível de demonstração; com o crescente aumento dos preços de energia, poucos investimentos na expansão do parque gerador elétrico e com as preocupações ambientais, a opção de condicionamento ambiental solar deverá tornar-se bastante atrativa em um futuro bem próximo e poderá colaborar com a redução do

⁴⁹ Ver Koldehoff, 2004.

consumo do sistema elétrico no horário de ponta. No entanto, ainda existem algumas limitações associadas aos *chillers* solares de absorção, tais como o alto custo, principalmente em potências mais baixas, aplicáveis em prédios; os equipamentos que poderiam ser utilizados nas residências (com potências mais baixas) possuem baixa disponibilidade no mercado; a dependência em relação à torre de resfriamento para dissipar a energia residual do *chiller* (este equipamento representa custos adicionais, consumo de energia e complicações na instalação); a capacidade limitada de operar o *chiller* de absorção no modo reverso para poder ser utilizado também para aquecimento na estação mais fria; diferentemente do que ocorre em aplicações convencionais, nas instalações solares, os *chillers* de absorção operam sob condições variáveis, longe da condição de projeto, a uma carga parcial e em operação transiente (CASALS, 2005).

2.2 EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE AQUECEDORES SOLARES

2.2.1 O Aquecimento Solar no Mundo

O mercado mundial de aquecedores solares começou a crescer a partir da década de 70, mas passou por uma expansão significativa durante a década de 90; como resultado deste crescimento, houve um aumento substancial de aplicações, de qualidade e de modelos de produtos disponíveis.

Em estudo feito pela Agência Internacional de Energia (IEA) para o ano de 2003 (WEISS et al., 2005) são considerados os principais países utilizadores da tecnologia de aquecimento solar, um total de 35 países, destacados no mapa da figura 16. Em 2003, representavam cerca de 3,7 bilhões de pessoas, ou seja, aproximadamente, 57% da população mundial. Utiliza-se a estimativa de que a área de coletores instalados nestes países represente de 85 a 90% do mercado mundial de aquecimento solar.

Tabela 7 – Capacidade total instalada em 2003 (MW)

País	Coletores a água			Coletores a ar		TOTAL
	Abertos	Fechados	Tubos a Vácuo	Abertos	Fechados	
Austrália	1.936,9	1.010,8				2.947,7
Áustria	416,4	1.446,3	22,6			1.885,2
Barbados		50,3				50,3
Bélgica	17,7	25,4	2,0			45,1
Brasil		1.563,1				1.563,1
Canadá	396,2	52,7	0,7	45,6		495,2
China	420,0	4.760,0	30.800,0			35.980,0
Chipre		473,9				473,9
República Tcheca		22,4	2,2			24,5
Dinamarca	15,3	206,2	0,4			221,9
Finlândia		10,5	0,1	49,0		59,6
França	78,1	462,3				540,4
Alemanha	500,5	2.991,8	473,9		28,0	3.994,2
Grécia		2.273,6				2.273,6
Hungria	20,6	1,2	1,8	1,8	26,0	51,4
Índia		560,0				560,0
Irlanda		2,9	0,7		0,1	3,8
Israel		3.304,0				3.304,0
Itália	8,4	255,5	16,1			280,0
Japão	0,0	8.654,6	223,2			8.877,8
México	279,7	110,1				389,7
Holanda	122,9	187,3	2,2	3,4		315,8
Nova Zelândia	1,7	53,3	0,3			55,3
Noruega	0,9	6,6	0,1	287,0	0,8	295,5
Polônia	0,8	45,6	3,0	2,1	1,4	53,0
Portugal	0,7	180,8	0,4			181,8
Eslovênia		69,4	0,4			69,8
África do Sul	98,4	106,5				204,8
Espanha ⁵¹	4,3	398,4	12,1			414,8
Suécia	29,2	160,5	3,7			193,4
Suíça	146,6	204,7	16,6	581,0		949,0
Turquia		6.650,0				6.650,0
Reino Unido	69,3	123,9	18,7			211,9
Estados Unidos	17.492,5	1.082,0	386,8		159,2	19.120,5
TOTAL	22.056,9	37.506,5	31.988,0	969,8	215,7	92.736,9

Fonte: Weiss et al., 2005

Tabela 8 – Área total de coletores solares em operação em 2003 (m²)

Países	Coletores a água			Coletores a ar		TOTAL
	Aberto	Fechado	Tubo a Vácuo	Aberto	Fechado	
Austrália	2.767.000	1.444.000				4.211.000
Áustria	594.823	2.066.145	32.209			2.693.177
Barbados		71.870				71.870
Bélgica	25.232	36.348	2.783			64.363
Brasil		2.233.000				2.233.000
Canadá	565.988	75.220	1.000	65.156		707.364
China	600.000	6.800.000	44.000.000			51.400.000
Chipre		677.000				677.000
República Tcheca		31.930	3.100			35.030
Dinamarca	21.870	294.570	550			316.990
Finlândia		15.000	150	70.000		85.150
França	111.500	660.463	60			672.023
Alemanha	715.000	4.274.000	677.000		40.000	5.706.000
Grécia		3.248.000				3.248.000
Hungria	29.400	1.740	2.560	2.500	37.200	73.400
Índia		800.000				800.000

⁵¹ Para um maior detalhamento do mercado de aquecedores solares na Espanha, ver ICAEN (2003).

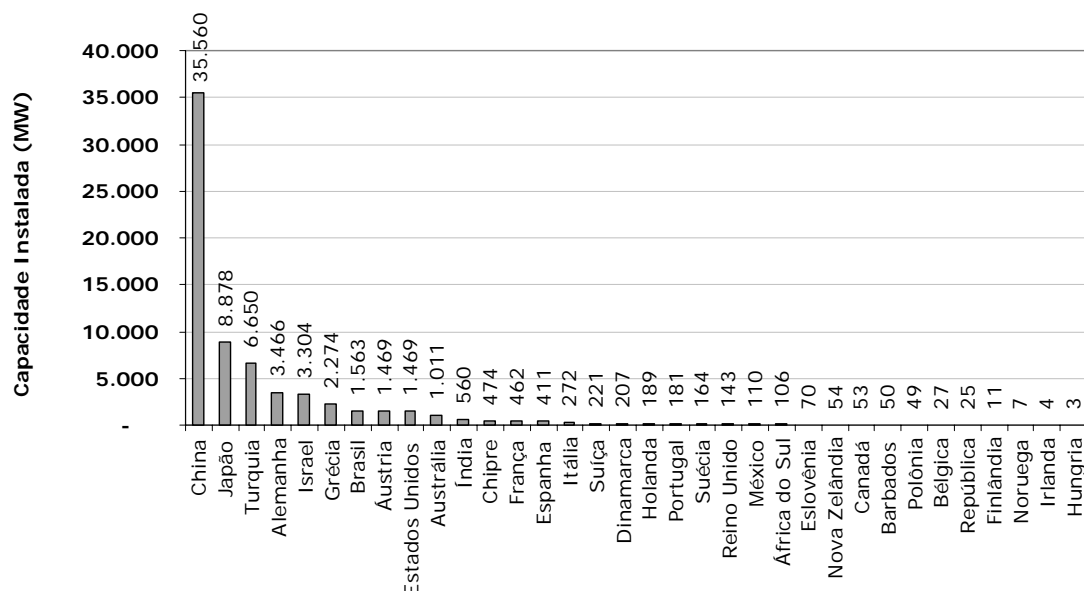
Tabela 8 – Área total de coletores solares em operação em 2003 (m²)

Continuação

	Coletores a água			Coletores a ar		TOTAL
	Aberto	Fechado	Tubo a Vácuo	Aberto	Fechado	
Irlanda		4.199	1.011		200	5.410
Israel		4.720.000				4.720.000
Itália	12.000	365.000	23.000			400.000
Japão		12.363.636	318.869			12.682.505
México	399.493	157.210				556.703
Holanda	175.599	267.504	3.190	4.794		451.087
Nova Zelândia	2.400	76.183	460			79.043
Noruega	1.299	9.450	200	410.000	1.200	422.149
Polônia	1.150	65.185	4.334	3.000	2.000	75.669
Portugal	1.000	258.210	500			259.710
Eslovênia		99.076	575			99.651
África do Sul	140.500	152.099	20			292.619
Espanha	6.112	569.106	17.343			592.561
Suécia	41.756	229.316	5.214			276.286
Suíça	209.450	292.460	23.760	830.000		1.355.670
Turquia		9.500.000				9.500.000
Reino Unido	99.000	177.000	26.730			302.730
Estados Unidos	24.989.264	1.545.711	552.580		227.487	27.315.042
TOTAL	31.509.836	53.580.631	45.697.198	1.385.450	308.087	132.481.202

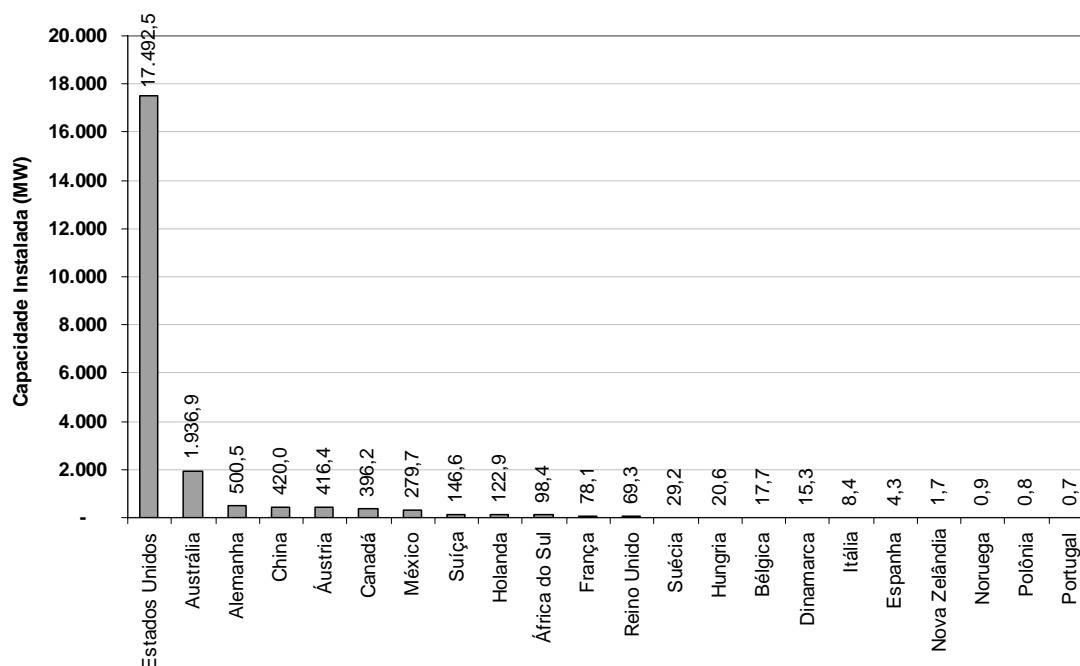
Fonte: Weiss et al., 2005

As figuras 17 e 18 mostram a capacidade instalada dos diferentes países, de acordo com o tipo de coletor utilizado e, conseqüentemente, de acordo com a principal utilização da energia solar.



Fonte: Weiss et al., 2005

Figura 17 – Capacidade de coletores solares fechados e tubos a vácuo em operação em 2003



Fonte: Weiss et al., 2005

Figura 18 – Capacidade de coletores solares abertos em operação em 2003

Observa-se a partir das figuras anteriores que o mercado de aquecimento solar na **China** é o maior do mundo. Segundo Li Hua (2005), a meta determinada pelo governo chinês é de 65 milhões de m² em 2005 e 230 milhões de m² até 2015 (o que representaria uma redução das emissões de CO₂ em 58 milhões de toneladas), mas segundo Faria (2004), nenhum mecanismo de incentivo que permita o alcance da meta foi criado, apenas foram destinados fundos para melhoria dos laboratórios de pesquisa e ensaio de sistemas de aquecimento solar. Enquanto na maioria dos países existe uma maior penetração da tecnologia de coletores solares planos, na China utiliza-se predominantemente a tecnologia de coletores de tubos a vácuo (85% do mercado em 2002)⁵². Segundo Faria (2004), dentro dos diversos segmentos de mercado, 75% das instalações são destinadas a instalações domésticas individuais, 20% em instalações coletivas e 5% são aplicadas no setor comercial e industrial. Segundo Li Hua (2005), a China ainda precisa vencer a resistência daqueles que planejam a expansão urbana; deve conseguir convencê-los de que todos da cadeia do segmento de construção civil devem trabalhar juntos na difusão da tecnologia para implementar projetos pilotos que demonstrem a confiabilidade e a eficiência do sistema solar.

⁵² Ver Li Hua, 2005.

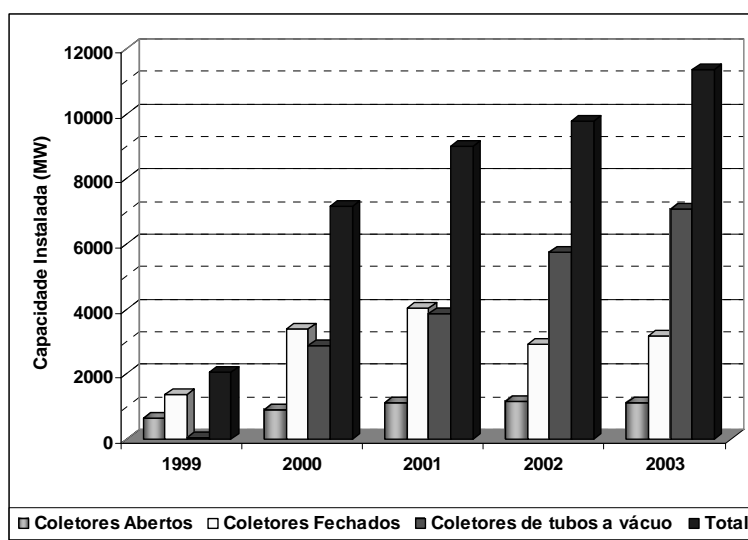
Na **Índia**, 80% da área instalada de coletores destina-se aos setores comercial e industrial, mas, como um resultado da redução de custos dos sistemas solares e do crescimento dos preços da eletricidade, o mercado residencial está crescendo no país. A meta é instalar 5 milhões de m² de área coletora no período de 2000 a 2012, igualmente distribuída entre os setores residencial, comercial e industrial (VIPRADAS, 2001).

De acordo com Faria (2004), o mercado de aquecimento solar nos **Estados Unidos** cresceu de modo efetivo a partir do final da década de 70 e se manteve com elevados índices de crescimento até o ano de 1986, quando os incentivos federais na forma de créditos fiscais para o consumidor final e recursos para pesquisa e desenvolvimento foram cortados abruptamente e o mercado sofreu grandes mudanças. Os setores residencial e comercial respondem por 89% e 10% do total de produtos comercializados, respectivamente. Diferentemente do que ocorreu com o mercado doméstico (que em 2000 representava apenas 4% das vendas de coletores), o aquecimento solar de piscinas continuou registrando crescimento e em 2000 respondeu por cerca de 94% das vendas de coletores nos Estados Unidos (PEREIRA et al., 2003). O Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) tem buscado a integração de todos os agentes envolvidos para remover as principais barreiras ao crescimento e utilização da energia solar em suas diversas aplicações.

Com índices anuais de radiação solar próximos de 2.000 kWh/m², cerca de 360 dias de sol na parte Sul do país e uma escassez de recursos energéticos naturais, **Israel** é um país pioneiro na utilização da energia solar. Desde 1980 o governo israelense tornou obrigatória por lei a instalação de sistemas solares nas novas edificações residenciais não superiores a 27 metros. Essa alteração na legislação de construção civil fez com que se elevasse o nível de penetração do aquecimento solar no país (80% das residências contam com o aquecimento solar e a meta é atingir a totalidade das moradias até 2010). Verificou-se uma substituição voluntária dos sistemas convencionais pelos solares, principalmente devido à vontade da população de economizar dinheiro com a utilização de uma fonte gratuita de energia. O Ministério da Indústria e do Comércio de Israel exige que painéis e reservatórios vendidos por fabricantes nacionais ou importados tenham um certificado de qualidade e que seja oferecido ao consumidor final um prazo de garantia de pelo menos cinco anos. A maior parte dos sistemas instalados utiliza o sistema de termo-sifão, com *back-up* elétrico (ICTAF, 2004). Israel é também o único país no mundo que requer legalmente que o aquecimento solar seja parte da instrução de gerentes da energia em cursos de formação técnica e superior (PEREIRA et al., 2003).

A indústria de aquecedores solares na **Austrália** firmou-se com produtos inovadores, de alta qualidade e, por isso, o país encontra-se entre os maiores exportadores da tecnologia⁵³. O objetivo da Austrália é obter em 2010 cerca de 2% da energia elétrica gerada a partir de fontes renováveis⁵⁴. Excluindo-se a energia obtida a partir de hidrelétricas, os aquecedores solares geram mais energia que todas as outras formas de energia renovável juntas na Austrália⁵⁵. (MORRISON, 1998). Os aquecedores solares de água também são incluídos nos programas elaborados para se atingir a meta estipulada de 2% porque eles substituem a energia elétrica (ou seja, fazem com que a energia elétrica deixe de ser utilizada e, conseqüentemente, reduzem a quantidade de outras fontes energéticas utilizadas em sua geração), criando um benefício positivo em relação às emissões de gás carbônico. A “*Australian Standard 4234 – 1994*” descreve uma metodologia para calcular a quantidade de energia elétrica substituída por sistemas individuais de aquecimento solar de água⁵⁶. De acordo com a quantidade de energia elétrica substituída, os proprietários dos sistemas solares recebem certificados de energia renovável, que podem ser negociados no mercado financeiro (AUSTRALIAN GREENHOUSE OFFICE, 1999).

A figura 19 mostra a capacidade instalada acrescentada a cada ano, por tipo de coletor, de 1999 a 2003 em todos os países considerados no estudo de Weiss et al. (2005).



Fonte: Weiss et al., 2005

Figura 19 – Capacidade instalada de coletores solares a água, acrescentada a cada ano no mundo

⁵³ A indústria australiana de aquecedores solares exporta mais de 40% de sua produção para a Ásia, Ilhas do Pacífico, Europa e Estados Unidos (MORRISON, 1999).

⁵⁴ Ver Australian Greenhouse Office, 1999.

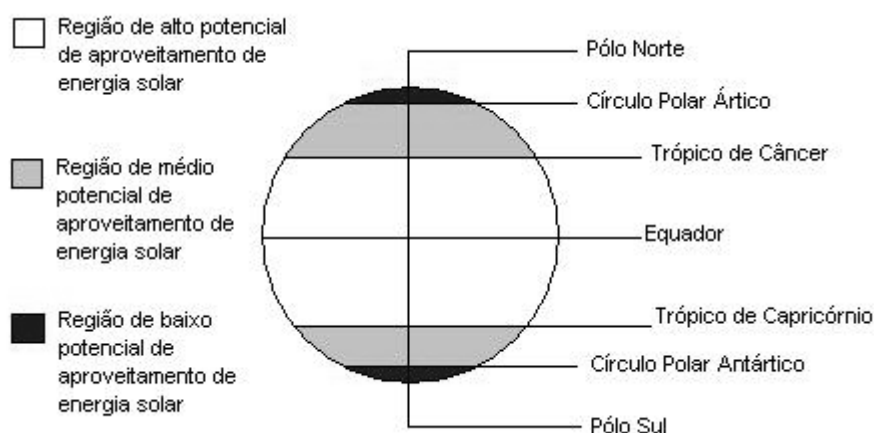
⁵⁵ A comparação entre a energia gerada pelas diversas fontes é feita através da transformação da área coletora dos sistemas solares em Wth e, posteriormente, em Wh.

⁵⁶ Algumas opções de medição são discutidas no Apêndice 2 de Australian Greenhouse Office, 1999.

Observa-se no gráfico acima que a capacidade instalada de coletores solares vem aumentando expressivamente ao longo dos anos. Em 2003 houve um aumento de 16% em relação a 2002. Percebe-se também que a capacidade instalada de coletores de tubos a vácuo vem aumentando constantemente, ao mesmo tempo em que a dos coletores fechados sofreu uma queda em 2002 e retomou o crescimento em 2003.

2.2.2 O Aquecimento Solar no Brasil

Segundo o Manual de Energia Alternativa do CEPEL (2001), o potencial de aproveitamento da energia solar de uma determinada região é determinado, principalmente, em função de sua localização no Globo Terrestre. As regiões localizadas entre os círculos polares e os trópicos podem ser consideradas como de médio potencial de energia solar e as regiões localizadas entre as linhas tropicais podem ser consideradas de alto potencial, conforme pode ser visto na figura 20.



Fonte: CEPEL, 2001

Figura 20 – Potencial de utilização de energia solar na Terra

O Brasil encontra-se em uma região entre os trópicos e próxima à linha do Equador, privilegiando-se dos elevados índices solarimétricos⁵⁷ que são determinantes para o crescente aproveitamento do aquecimento solar. A figura 21 mostra que o Brasil possui grande parte de seu território (cerca de 90%) na região considerada de alto potencial de energia solar.

⁵⁷ Ver Capítulo 2.1.1.4.



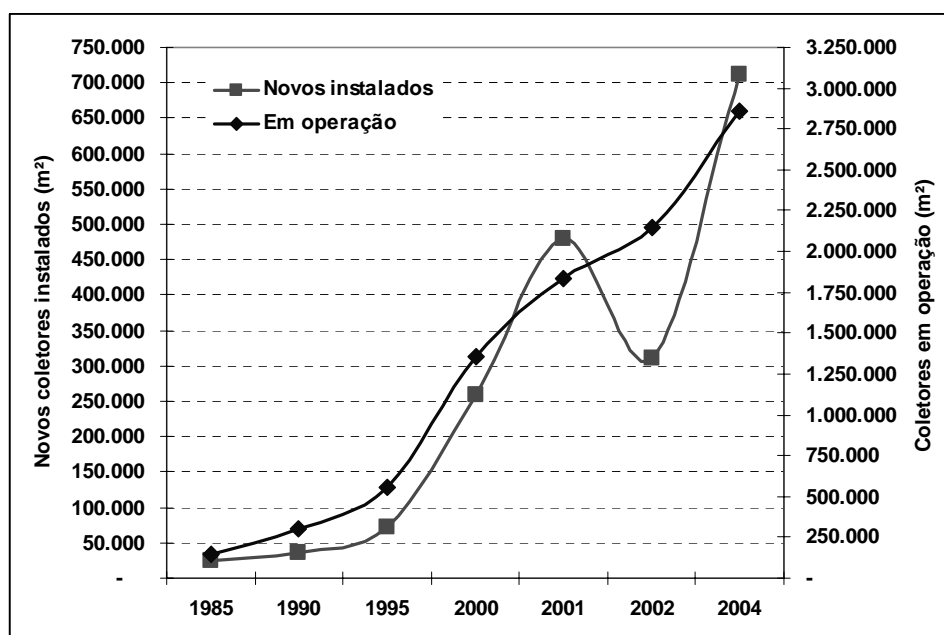
Fonte: CEPEL, 2001

Figura 21 – Potencial de utilização de energia solar no Brasil

O aquecimento solar no Brasil começou a ser desenvolvido comercialmente na década de 70, mas somente a partir dos anos 90 é que o mercado obteve taxas de crescimento elevadas, principalmente devido à implantação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)⁵⁸, coordenado pelo INMETRO. A etiqueta do INMETRO estabeleceu, de forma clara e inequívoca, critérios de comparação e avaliação dos coletores solares comercializados no Brasil. Esta etiqueta contém informações sobre a produção mensal de energia de cada coletor ensaiado. Estabeleceu-se, como referência, o mês de setembro para a cidade de Belo Horizonte, considerando a inclinação dos coletores igual a 25°.

A figura 22 mostra a evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil, de 1985 a 2004:

⁵⁸ O PBE ou Programa Brasileiro de Etiquetagem surgiu devido à necessidade do estabelecimento de um programa voltado para a conservação de energia elétrica em eletrodomésticos, visando a sistematização de procedimentos que garantissem, institucionalmente, e de forma voluntária, a determinação dos consumos e da eficiência/desempenho energético até a obtenção de índices de eficiência a serem alcançados pela indústria nacional para os produtos integrantes do programa. Atualmente, fazem parte também do PBE produtos que sirvam para outras fontes de energia, como as renováveis (REVISTA SOLBRASIL, nº 1, 2005). Atualmente, o PBE tem mais de 136 produtos etiquetados (INMETRO, 2005).



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de Faria, 2004 e Revista SOLBRASIL, 2005.

Figura 22 – Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil

A partir da figura 22, podem-se identificar pelo menos três fases distintas durante a evolução do mercado no Brasil – até o ano de 1994, entre 1994 e 2001 e a partir de 2001. Segundo a ABRAVA, até o ano de 1994, o mercado de aquecimento solar, ainda era bastante incipiente e registrou pequenas taxas de crescimento anual, com um valor médio de 5,6%. A partir de meados da década de 90, com a criação do Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar Térmica – GREEN Solar, localizado em Belo Horizonte e a implantação do PBE, a indústria brasileira de aquecimento solar passou a desenvolver melhores produtos e serviços, de maior qualidade e a gerar maior confiança por parte do consumidor.

Com a criação de programas de incentivo junto a algumas concessionárias de energia, junto às Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS) e ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o mercado passou a experimentar taxas de crescimento elevadas de 30,54% a.a. (1994 a 2000). O ano de 2001 marcou a crise de energia elétrica no Brasil⁵⁹ e medidas e metas de redução de consumo de energia foram

⁵⁹ Alguns fatos importantes relacionados ao ano de 2001 ajudam a entender a mudança pela qual o mercado de aquecimento solar passou. Neste ano, houve forte política de regulação criada pelo governo federal impondo medidas de redução de consumo de energia elétrica em diferentes setores da economia brasileira. Em 2001, houve também o surgimento de várias empresas totalmente despreparadas para atender ao mercado de forma qualificada. Com a queda acentuada do mercado no ano de 2002, a maioria das empresas fechou ou encerrou as atividades relacionadas à tecnologia solar, denunciando a fragilidade do PBE e da infra-estrutura para o desenvolvimento de uma política regulamentadora para a tecnologia solar (FARIA, 2004).

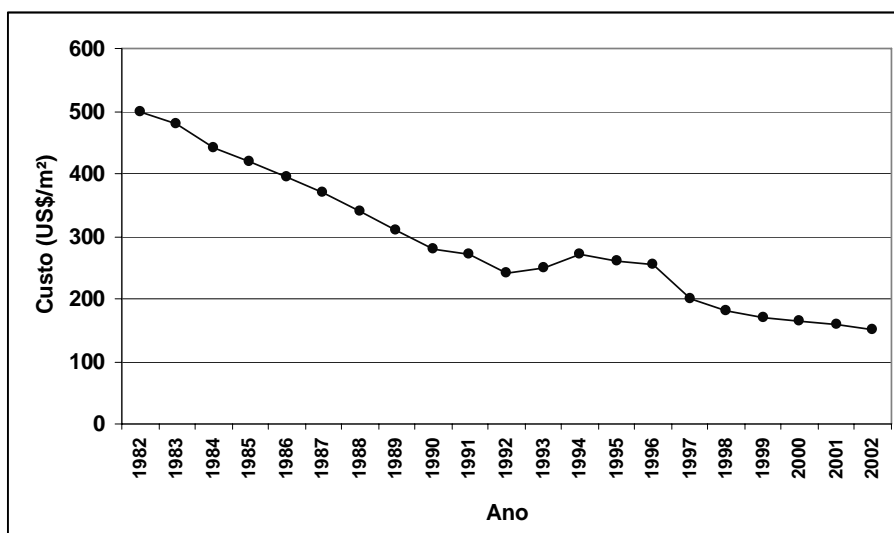
determinadas pelo Governo. A indústria de aquecimento solar passou por um crescimento de 80% em relação ao ano anterior; novas empresas surgiram e as que já estavam no mercado, investiram para conseguir atender à demanda. Neste período o aquecimento solar foi amplamente divulgado. Passado o período da crise, o mercado sofreu uma forte retração e no ano de 2002 verificou-se uma queda acentuada em relação ao ano de 2001 (FARIA, 2004).

A partir de 2002, o Brasil passou a instalar uma média de 320 mil m² por ano. Entre 2002 e 2004 registrou-se um crescimento de 33% do mercado.

O Brasil domina a tecnologia de aquecedores solares, sendo que 100% dos equipamentos utilizados no Brasil são produzidos no país, com mão-de-obra e matérias-primas nacionais. Além disso, a taxa de geração de empregos é elevada e descentralizada, devido ao grande número de pessoal envolvido no processo de industrialização, comercialização e instalação (MAZZON e MESQUITA, 2004).

A indústria de aquecimento solar no Brasil é composta basicamente de micro, pequenas e médias empresas e possui uma estrutura bastante simples. O aquecedor solar chega ao consumidor final principalmente através de revendas, embora a empresa fabricante também assuma diversas tarefas não inerentes à sua finalidade principal. Isto se deve à ausência de um número significativo de profissionais capacitados, o que leva a indústria fabricante a integrar em sua cadeia de trabalho, vendas, projeto, instalação e manutenção (FARIA, 2004).

A figura 23 mostra a evolução dos custos de comercialização dos aquecedores solares, considerados a área coletora, reservatório térmico e instalação. Verifica-se uma tendência à redução dos custos, com exceção do período entre 1993 e 1996, cujos aumentos foram atribuídos a preços praticados no mercado internacional para o cobre e alumínio (PEREIRA et al., 2003).



Fonte: ABRAVA apud Pereira et al. (2003)

Figura 23 – Evolução do custo do m² de coletores planos fechados instalado no Brasil

Os coletores solares constituem grande parte do investimento inicial de um sistema solar. Este equipamento é intensivo em material. Assumindo que uma parte considerável do custo dos coletores está associada à matéria-prima, Wierigen (1980) julga que a produção em massa não reduzirá muito seus custos, porque sendo o coletor fabricado com materiais auto-consumidores de energia (vidro, plástico, alumínio, cobre), o custo do coletor crescerá junto com o preço da energia. Por isso, a pesquisa de novos materiais e “*designs*” são fatores preponderantes para a queda no custo final.

2.3 PRINCIPAIS BARREIRAS E POSSÍVEIS INCENTIVOS

2.3.1 Principais Barreiras

Apesar dos efeitos benéficos ambientais e econômicos da tecnologia solar, um grande número de barreiras ainda impede sua grande difusão, como, por exemplo, os custos iniciais de instalação ainda considerados elevados quando comparados às alternativas convencionais⁶⁰, a falta de financiamento a juros adequados para empresas e consumidores, padrões de qualidade pouco difundidos ou inadequados e o relativo desconhecimento da tecnologia (REVISTA SOLBRASIL, 2005). Além disso, a maioria dos potenciais usuários ainda precisa estar motivada para fazer os investimentos

⁶⁰ Ver capítulo 2.3.1.1

necessários e para isso, a divulgação é um ótimo meio de esclarecer dúvidas e derrubar alguns mitos.

As principais motivações que podem levar os consumidores a adotarem o aquecimento solar como solução para geração de água quente são a redução dos gastos com eletricidade, o crescente aumento de custos da energia convencional, alguns incentivos financeiros que cubram parte do custo de investimento na instalação e confiabilidade técnica destes sistemas (FARIA, 2004).

O sucesso ou o fracasso no crescimento do aquecimento solar deve-se a um conjunto de fatores e condições e o pleno entendimento das barreiras e razões de sucesso é essencial para o desenvolvimento de medidas efetivas capazes de promover a energia solar térmica para geração de água quente. Podem ser considerados três tipos de barreiras⁶¹: técnica, econômica e de mercado, conforme apresentadas nos itens seguintes.

2.3.1.1 Barreiras Técnicas

Pode ser considerada como barreira técnica a disponibilidade de tecnologia adequada para atender à necessidade do mercado, isto é, se os equipamentos disponíveis no mercado possuem as características relativas a porte, capacidade de geração e eficiência compatíveis com o que o mercado potencial exige.

Atualmente a tecnologia solar térmica utilizada no Brasil é completamente nacional e coletores solares e reservatórios podem ser encontrados em diversas dimensões e capacidades, o que permite, através da composição destes elementos, que qualquer projeto seja desenvolvido. Os equipamentos estão disponíveis no mercado, mas para serem instalados necessitam de tubulações separadas de águas quente e fria, o que pode não existir em alguns estabelecimentos, principalmente os de pequeno porte. A instalação não obedece a critérios genéricos; deve ser avaliada caso a caso, considerando os hábitos reais de consumo de água quente, condições climáticas locais e condições de instalação na obra (inclinação e orientação do telhado). Os coletores solares possuem determinada eficiência de conversão, mas caso haja sombras na área onde os painéis estão instalados ou não tenham sido instalados com a inclinação e orientação adequadas, valores diferentes serão obtidos e os resultados esperados não serão atingidos; outros projetos deixam de ser implantados devido à relação insuficiente

⁶¹ Ver Tolmasquim et al., 2003.

entre o volume diário de água quente requerido e a área disponível para instalação do sistema (isto pode ser verificado em prédios com muitos andares, pequena área de telhado e grande demanda de água quente) (MOREIRA, 1985). Estes são fatores que podem representar barreiras técnicas à implantação destes sistemas.

No caso de condicionamento ambiental solar, ainda existem muitas barreiras técnicas para a disseminação desta tecnologia, dentre elas a pouca disponibilidade de equipamentos de pequeno porte, que poderiam atender a residências e estabelecimentos comerciais, a existência de torre de resfriamento, que consome mais energia e ocupa mais espaço e a impossibilidade de utilizar o equipamento com as funções de aquecimento e resfriamento.

2.3.1.2 Barreiras Econômicas

Não havendo barreiras técnicas importantes, realiza-se a análise das possíveis barreiras econômicas à implantação de projetos. Estas barreiras estão relacionadas aos dados econômicos relativos aos equipamentos, cuja viabilidade técnica se mostrou possível, tais como, custo de capital, custos operacionais, carga tributária, mecanismos de incentivo econômico. A existência ou não destas barreiras é avaliada através de alguns critérios de atratividade econômica, como a taxa interna de retorno, o valor presente líquido e o tempo de retorno do investimento.

O alto custo inicial dos sistemas de aquecimento solar quando comparado ao das tecnologias convencionais ainda representa uma das grandes barreiras à disseminação da tecnologia de aquecimento solar. O mercado de aquecedores solares fica ainda limitado a uma pequena parcela da população com condições financeiras para arcar com os custos iniciais dos sistemas ou com acesso a oportunidades específicas de financiamento; aquecedores solares para banho e para piscina são caracterizados como produtos de luxo e itens não essenciais (FARIA, 2004).

No Brasil, há isenção de impostos, como o IPI e ICMS, para os produtos de aquecimento solar, mas não há subsídios oferecidos pelo Governo para estimular a implantação e disseminação desta tecnologia.

2.3.1.3 Barreiras de Mercado

Mesmo se a aplicação da tecnologia solar se mostrar viável técnica e economicamente, alguns fatores podem impedir a finalização do projeto, são as chamadas barreiras de mercado. Dentre estas barreiras, podem ser citadas a falta de conhecimento dos potenciais usuários sobre a tecnologia; a divergência de interesses de quem executa os projetos e de quem realmente os utiliza; as prioridades dos investidores às vezes são outras; inexistência de obrigatoriedade de instalações hidráulicas que permitam que o usuário opte pela forma de aquecimento de água que achar mais conveniente⁶²; questões estéticas na arquitetura das edificações, dentre outros.

A ausência de programas de divulgação e treinamento impede que o medo do desconhecido, forte fator inibidor à promoção do aquecimento solar, seja vencido. Muitos usuários finais, por falta de divulgação, não conhecem a qualidade do sistema, nem o estágio de desenvolvimento em que se encontra a tecnologia e nem cogitam esta opção para aquecimento de água. Sérios problemas de credibilidade se propagam no mercado devido à falta de informação dos consumidores finais e à existência de alguns profissionais pouco capacitados em todas as áreas de atuação da cadeia de aquecimento solar: fabricantes, projetistas, instaladores, operadores, etc (FARIA, 2004).

Alguns construtores, que poderiam agir como agentes propagadores da tecnologia, consideram o aquecimento solar caro ou de difícil instalação e, visando ganhar licitações com o menor custo e agilizar o tempo de construção, optam por não elaborar os projetos considerando a energia solar. Para eles, este não é um fator relevante, visto que não serão eles os responsáveis pelo dispêndio com energia elétrica na edificação.

Alguns órgãos financiadores relutam em alterar a rotina operacional consolidada, criando inclusive entraves burocráticos por total desconhecimento das vantagens da tecnologia para o cliente (PEREIRA et al., 2003).

Falta por parte do próprio governo e de seus técnicos o entendimento suficiente sobre a tecnologia e os benefícios que a substituição dos chuveiros elétricos pelo aquecimento solar poderia trazer à sociedade, ao consumidor final e à concessionária de energia elétrica. A adoção do aquecimento solar poderia ser utilizada como uma medida de

⁶² A regulamentação do Rio de Janeiro exige instalação de tubulação a gás nas novas edificações, o que torna mais difícil a adaptação dos sistemas solares e torna os consumidores sempre subordinados à concessionária de energia elétrica ou à distribuidora de gás, o que não deveria acontecer; eles deveriam ter a flexibilidade de escolher que tipo de energético e de sistema de aquecimento gostariam de utilizar.

conservação de energia elétrica, inclusive com atenuação e deslocamento do horário de ponta da concessionária de energia elétrica. Desse modo, sua forma intensiva poderia ser interpretada como uma forma alternativa de geração descentralizada de energia elétrica, podendo ser incluída em leis de incentivo às energias renováveis (PEREIRA et al., 2003).

Verifica-se a ausência de marcos legais e regulatórios para o setor de aquecimento solar no setor de políticas públicas e de uniformidade nos códigos de construção civil contemplando eficiência energética em edificações⁶³; falta promoção das aplicações do aquecimento solar entre associações de classe (arquitetos, engenheiros e indústria de construção em geral); o aquecimento solar não está totalmente integrado à cadeia da construção; falta de interesse do setor elétrico, principalmente das concessionárias de energia elétrica em apoiar o aquecimento solar; ausência de políticas consistentes e sustentáveis nos diversos setores do governo; normas e procedimentos padrão ainda são pouco reconhecidos pelo mercado e pelas autoridades públicas (FARIA, 2004).

2.3.2 Possíveis Incentivos

Alguns incentivos poderiam ser utilizados para vencer as barreiras existentes e difundir a tecnologia de aquecimento solar, tais como:

2.3.2.1 Incentivos para superar as barreiras técnicas

Visando superar as barreiras referentes à ausência de tubulações separadas de águas quente e fria, políticas regulatórias tornando a utilização do aquecimento solar mandatória poderiam ser estabelecidas, alterando-se o código de construção, de modo que as novas edificações já fossem construídas com tubulações separadas, para dar ao dono do estabelecimento a opção do sistema solar na hora de escolher o sistema de aquecimento de água a ser utilizado (ESTEC, 2003)⁶⁴. Isso eliminaria também uma das barreiras de mercado que é a resistência dos construtores em adotar os sistemas solares em seus projetos.

⁶³ Ver Rosa e Lomardo, 2004.

⁶⁴ Ver também Rosa e Lomardo, 2004.

Como a instalação exige capacitação técnica para que os resultados planejados sejam os obtidos, sugere-se o treinamento das equipes técnicas das empresas de forma a garantir a qualidade do trabalho realizado.

Como a questão da limitação de área para instalação de todos os equipamentos necessários ao funcionamento do sistema de geração solar é crítica, sugere-se a realização de investimentos na área de pesquisa e desenvolvimento, visando a obtenção de materiais alternativos, com maior eficiência de conversão, ou seja, equipamentos menores que consigam gerar mais energia térmica.

2.3.2.2 *Incentivos para superar as barreiras econômicas*

Visando facilitar a aquisição dos sistemas solares para todos os potenciais consumidores, mecanismos de incentivo e financiamento para aquisição destes equipamentos, com longo prazo de amortização e baixas taxas de juros deveriam ser criados (ESTEC, 2003).

Os sistemas de aquecimento solar geralmente têm que competir com as energias convencionais (elétrica e fóssil), mas os custos ambientais não são refletidos nos custos totais de energia em todas suas fases: extração, geração, transmissão, distribuição e uso final. A energia convencional parece conseqüentemente ser mais barata do que o aquecimento solar, porque uma comparação econômica simples não reflete as vantagens ambientais do uso do aquecimento solar. A introdução de medidas como taxaço do CO₂ ou taxas energéticas ajudaria a nivelar este desequilíbrio. Países tais como Suíça, Dinamarca, Suécia, e os Países Baixos estão dirigindo-se para este tipo de ação (FARIA, 2004).

No caso do Brasil, a Agência Reguladora de Energia Elétrica poderia desestimular a utilização do aquecimento de água com o uso da eletricidade no horário de ponta, através de tarifas especiais para os setores e regiões desejadas; além disso, o Governo poderia impor ônus fiscal à fabricação dos aparelhos elétricos indesejados.

Ainda de acordo com Ferreira (2004), poderia ser criado um “Fundo Solar de Investimento”, com dotação inicial equivalente ao investimento evitado em reserva de capacidade para atender à ponta de carga atribuída ao chuveiro elétrico. O fundo poderia ser administrado por concessionária que tenha a característica de empresa energética (não está limitada à geração de eletricidade), mediante modificação na legislação de concessão de serviço público, que torne compulsório o uso da instalação solar pelos

novos usuários. Este arranjo permitiria vincular o recolhimento da amortização paga pelo usuário à conta de luz, aproveitando a estrutura administrativa já existente.

Uma forma de reduzir os custos de aquisição dos equipamentos solares é a compra dos equipamentos em grandes quantidades de um único fabricante. Isto poderia ser feito através da criação de uma “organização”, formada por vários consumidores interessados em utilizar os equipamentos solares, que estabeleceriam as especificações desejadas; esta “organização” centralizaria os pedidos e os enviaria ao fabricante que poderia reduzir seus custos, através do ganho de escala, permitindo, assim, que o produto seja vendido a preços mais baixos.

2.3.2.3 Incentivos para superar as barreiras de mercado

Barreiras como ausência de padrões de qualidade de serviços e produtos poderiam ser vencidas, caso houvesse normas técnicas específicas para aquecedores solares, instalação e testes, tanto de componentes quanto de sistemas completos; sistema de teste e classificação, não só dos produtos, mas também dos serviços de instalação dos mesmos. A motivação dos instaladores pode ser obtida através da simplificação dos processos de instalação e de campanhas de conscientização que os induza a preferir o sistema de aquecimento solar (ESTEC, 2003).

A falta de conhecimento sobre a tecnologia por parte de consumidores e técnicos poderia ser minimizada através de sistemas de informações técnicas confiáveis e acessíveis aos consumidores e de campanhas de divulgação nas mídias apropriadas; além disso, deveria ser feito um trabalho junto aos órgãos públicos para que em suas instalações fossem instalados sistemas solares que servissem de modelo a ser seguido pela população.

O Governo deveria impor determinados níveis aceitáveis de poluição ambiental e propor campanhas de eficiência energética. A determinação de metas de crescimento para cada uma das tecnologias renováveis de aquecimento também poderia estimular a utilização da energia solar (ESTEC, 2003).

2.3.3 Exemplos Internacionais

Alguns exemplos de políticas de incentivo à disseminação da tecnologia de aquecimento solar são descritos a seguir:

2.3.3.1 Espanha

Barcelona assinou a Declaração de Amsterdã em 1993 e o Acordo de Heidelberg em 1994, através dos quais a cidade comprometia-se a reduzir as emissões de CO₂ até 2005 a níveis 20% inferiores àqueles de 1987. Para atingir este objetivo, várias medidas foram implementadas⁶⁵, tais como a criação da Agência Local de Energia (Barnagel), utilizada como modelo para outras cidades na promoção do uso de energias renováveis com ênfase na energia solar; a substituição de lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes; a substituição de equipamentos de ar condicionado por outros mais eficientes; a instalação de coletores solares em escolas, universidades, complexos esportivos e prédios públicos; a instalação de painéis fotovoltaicos em universidades e prédios públicos; e melhorias para economizar água, gás e eletricidade em vários prédios da cidade. Para disseminar o uso da energia solar térmica, foi criado o projeto “Barnamil”, com o objetivo de instalar 1.000 m² de painéis antes do ano 2000 (em junho de 1999, este número já chegava a mais de 1.200). Desde julho de 2000 foi implantada na cidade de Barcelona, uma *ordenanza* solar, definindo regras e condições para a instalação de coletores solares e o uso da energia solar a baixas temperaturas para a produção de água quente para usos residenciais e comerciais. Esta *ordenanza* considera que todos os prédios públicos ou particulares, novos ou reformados, devem seguir as regras estipuladas; exige que pelo menos 60% das necessidades anuais de água quente nos prédios que tenham consumo diário superior a 2.000 litros de água quente sejam supridos pelo aquecimento solar; define parâmetros para o dimensionamento e instalação do sistema solar; exige a instalação de medidores para acompanhamento dos resultados; e define multas para aqueles que não cumprirem as exigências. As regras também se aplicam a hospitais, clínicas, escolas, shoppings e hotéis, bem como para o aquecimento de piscinas. Esta *ordenanza* vem causando uma reação em cadeia não só na Espanha, mas em outros países e o governo central da Espanha, percebendo a grande

⁶⁵ Outras medidas de incentivo podem ser encontradas em ICAEN, 2003.

movimentação com relação às políticas municipais implementadas, vem estudando e preparando uma lei federal sobre o aquecimento solar. Neste exemplo, todos os atores envolvidos (governo, construtores, arquitetos, concessionárias de energia, institutos de pesquisa e normalização e os usuários finais) concordaram e apresentaram reações positivas e de apoio às políticas adotadas (ENERGIE-CITÉS, 1999). A *Ordenanza* já está sendo adotada por mais de 54 municípios, em toda a Espanha (DOSSIER DE PRENSA, 2005) e, devido ao seu sucesso, já está sendo proposta uma revisão que busca ampliar a aplicação das regras à totalidade dos edifícios, independente do consumo de água quente; garantir a qualidade das instalações, estabelecendo condições para a certificação e critérios técnicos para manutenção e uso⁶⁶; melhorar a integração arquitetônica das instalações sem prejudicar a paisagem urbana; simplificar o texto da *Ordenanza* e adaptá-lo às novas condições técnicas e tecnológicas do mercado de sistemas de energias renováveis; e, harmonizá-la com outras normas de âmbito estatal, como o Código Técnico de Edificação e o Regulamento de Instalações Térmicas nos Edifícios (DOSSIER DE PRENSA, 2005).

2.3.3.2 Portugal

No final dos anos 80, o apelo por tecnologias renováveis foi intensificado principalmente devido ao acidente de Chernobyl e aos níveis de emissão de gases do efeito estufa. No entanto, a tecnologia solar não se desenvolveu como esperado. Uma das maiores razões para sua fraca aceitação foi a baixa credibilidade gerada devido às baixas *performances* em sistemas preliminares causadas pela falta de instaladores qualificados, equipamentos pouco confiáveis e projetos mal desenhados. Em 1990 ações foram tomadas para reverter esta situação. As principais ações foram: (1) a criação, em julho de 2003, de um laboratório de alta credibilidade para dar suporte à indústria solar em seus esforços para melhorar seus equipamentos; (2) a participação em ações para qualificação de instaladores; (3) a participação em projetos para promover esquemas de garantia de resultados, através da monitoração dos sistemas instalados e acompanhamento eletrônico ou no próprio local; (4) o desenvolvimento de

⁶⁶ As instalações solares térmicas executadas a partir das obrigatoriedades da *Ordenanza*, em alguns casos, não têm a manutenção necessária, o que pode impactar em seu correto funcionamento e sua produção energética. O novo texto introduz a exigência de contratar uma manutenção por um período mínimo de dois anos, a partir do início de utilização e um certificado que permita controlar a correta execução da instalação e da assistência prestada durante o período de funcionamento (DOSSIER DE PRENSA, 2005).

equipamentos com baixo custo; (5) o desenvolvimento de ferramentas de *software* para elaborar sistemas solares melhores; e (6) a promoção e disseminação da informação sobre aplicações da energia térmica solar (SOLAR UPDATE, 2001).

Para justificar uma vantagem econômica do sistema solar, alguns incentivos fiscais começaram a ser concedidos, como por exemplo: empresas que investem em equipamentos solares podem depreciar o investimento em um período de quatro anos, reduzindo assim, a base para o cálculo do imposto de renda durante os primeiros anos. No setor residencial, campanhas publicitárias e descontos em impostos estão incentivando a escolha pelos sistemas de aquecimento solar (SOLAR UPDATE, 2001). Todos os edifícios novos que forem construídos em Portugal deverão obrigatoriamente ter aquecedores solares para a água, sempre que tecnicamente viável. O aquecimento solar é uma das apostas do país para reduzir a dependência energética em relação ao petróleo e para limitar as emissões de CO₂ (REVISTA SOLBRASIL, 2005).

2.3.3.3 Austrália

Considerando que o aquecimento de água gera cerca de 30% das emissões de gases do efeito estufa em residências⁶⁷, as autoridades locais decidiram avaliar e implementar uma regulamentação para tornar obrigatório o uso do aquecimento solar nas novas edificações; as emissões de CO₂ por pessoa em Adelaide são bem superiores a de outras cidades, como por exemplo, Londres (24 toneladas de CO₂ por pessoa versus 9 toneladas por pessoa) (REVISTA SOLBRASIL, 2005). A partir de 1º de julho de 2006 todas as novas residências ou as que passarem por reformas em áreas onde haja disponibilidade de gás, deverão possuir sistemas solares ou a gás, procurando assim, banir os sistemas elétricos de acumulação. O Governo visa com isso, reduzir as emissões em 6.000 toneladas anuais (HILL, 2005). Um empréstimo “verde” foi criado por uma instituição financeira australiana para os donos de residências que comprarem e instalarem sistemas de aquecimento solar e assim, economizarem energia. *Savings and Loans Credit Union* criou uma linha de financiamento com baixas taxas de juros (*Breathe Easy Solar Hot Water Loan*) para aqueles donos de residências que comprarem sistemas de aquecimento solar do único fabricante australiano – *Beasley Hot Water Solutions*. O financiamento tem uma taxa fixa inferior a de outros empréstimos pessoais

⁶⁷ Ver Hill, H. J., 2005.

e estas residências também têm acesso a um desconto de US\$ 700 dado pelo Governo Estadual para fazer a troca dos equipamentos utilizados pelos solares (HILL, 2005).

Existe um projeto no Sul da Austrália, o “*Solar Hot Water Pilot Project*”, com o objetivo de converter todos os sistemas elétricos de aquecimento de água em sistemas solares (complementados por energia elétrica ou gás) dentro de dez anos e garantir que todas as instalações, a partir de 2005 usarão aquecimento solar de água. O aquecimento de água representa a maior utilização de eletricidade na maioria das residências australianas e, por isso, a substituição de sistemas elétricos representará uma grande redução na emissão de gases poluentes. Para incentivar a substituição, uma residência que fizer a conversão, receberá do Governo um “Certificado de Energia Renovável (CER)”⁶⁸. O número de CERs alocados para cada residência varia dependendo da eficiência do sistema instalado, isto é, de sua habilidade em reduzir o consumo de eletricidade e, conseqüentemente, a emissão de CO₂. As residências poderão trocar ou vender seus certificados para pessoas ou entidades registradas no ORER (*Office of the Renewable Energy Regulator*); os portadores de sistemas da única fabricante australiana podem vender seus certificados, a um preço pré-determinado para a empresa de energia elétrica Energex (DELOITTE, 2004).

2.3.3.4 Jamaica

O Governo da Jamaica já expressou seu comprometimento com o desenvolvimento, promoção e uso da tecnologia solar através do “*Jamaica Energy Sector Policy*”, onde determina que o uso de painéis solares para aquecimento de água e de células solares utilizadas para produzir eletricidade (fotovoltaica) será incentivado pela concessionária, através da manutenção de uma estrutura tarifária especial para estes itens⁶⁹. A tecnologia solar é usada principalmente para aquecimento de água, geração de energia fotovoltaica e secagem solar. O aquecimento de água é mais utilizado nos setores residencial (sistema de termo-sifão, com *back-up* elétrico) e industrial.

A empresa de petróleo da Jamaica (PCJ), em seu papel de implementador das políticas nacionais no setor energético, foi pioneira na formação da primeira associação solar nacional (*Jamaica Solar Association - JSEA*), cujos principais objetivos eram promover

⁶⁸ Os CERs expressam em MWh a economia de eletricidade esperada durante dez anos de operação. Então, um sistema de aquecimento de água com 30 CERs economizaria 30 MWh durante dez anos ou 3.000 kWh por ano (DELOITTE, 2004).

⁶⁹ Para maiores detalhes, ver Petroleum Corporation of Jamaica, 2000.

o uso da energia solar na Jamaica, formular padrões industriais, estabelecer um banco de dados sobre a energia solar e seus principais usos, agir como um grupo influenciador junto ao governo e ao setor privado para ajudar no desenvolvimento da indústria da energia solar e facilitar as oportunidades de financiamento para a indústria solar (PETROLEUM CORPORATION OF JAMAICA, 2000).

2.3.3.5 *Reino Unido*

Não há programas de incentivo disponíveis no país para a instalação de sistemas de aquecimento de água, mas desde março de 2000, o imposto sobre valor agregado (VAT) foi reduzido ao nível do cobrado para os combustíveis convencionais. Há alguns padrões e códigos de prática específicos para o aquecimento solar de água⁷⁰.

2.3.3.6 *Dinamarca*

A Dinamarca tem grande interesse em promover a energia renovável e a cogeração no país, pois assumiu diversas metas de redução de emissão de gases do efeito estufa. O objetivo do Governo é aumentar a contribuição da energia renovável na produção de energia para 50% até 2025, o que representa uma meta audaciosa (OECD/IEA, 2002).

Na Dinamarca, não há leis específicas para sistemas de aquecimento solar, que devem estar de acordo com as regras nacionais de construção. O subsídio nacional para um sistema de energia solar depende do rendimento energético do sistema como um todo – quanto maior o rendimento, maior o subsídio. O valor do subsídio médio é de 25% do custo total do sistema e é pago ao proprietário do sistema⁷¹. Não há nenhum tipo de financiamento especial oferecido pelos fabricantes ou pela agência de energia. Para receber os subsídios o sistema solar tem que ser aprovado pelo Laboratório de Energia Solar (DTI) (SUN IN ACTION, 1996). Para facilitar a instalação futura de sistemas solares de aquecimento de água, novos sistemas de aquecimento já são instalados preparados para funcionar tanto a partir de combustíveis fósseis quanto a partir da energia solar⁷².

⁷⁰ Ver Thermie B Programme, 2001.

⁷¹ Ver também OECD/IEA, 2002.

⁷² Ver Thermie B Programme, 2001.

2.3.3.7 França

Desde 1995 o governo francês exige que a EDF, empresa francesa de energia elétrica, compre eletricidade gerada a partir de fontes renováveis. Em 1999, a Agência para Gerência de Energia e Meio Ambiente (ADEME) implementou um programa para aplicação da energia solar (Helios 2006)⁷³, com o objetivo de instalar até 2006, 50.000 sistemas individuais de aquecimento solar de água e 25.000 m² adicionais de área coletora. Até setembro de 1999, subsídios para sistemas de aquecimento solar de água dependiam exclusivamente de agências regionais de energia ou de autoridades locais e variavam enormemente; depois deste período, dentro do programa “*Plan Soleil*”, a ADEME passou a dar subsídios de acordo com a área coletora do sistema, que deve possuir obrigatoriamente o certificado “*CSTbât*” e o imposto sobre valor agregado para instalações dos sistemas em residências com mais de dois anos de construção, foi reduzido para 5,5%⁷⁴.

2.3.3.8 Alemanha

As autoridades governamentais na Alemanha contribuem para o uso dos aquecedores solares de diversas maneiras. Além da ajuda financeira de pesquisa e desenvolvimento, há incentivos e subsídios para a instalação dos sistemas. No nível federal, há o programa do Ministério de Tecnologia e Economia concedendo subsídios para a instalação de tecnologias de energia renovável, dentre elas os aquecedores solares. No nível estadual, também há uma série de programas. Também há a possibilidade de obter empréstimos a taxas de juros bastante baixas do Banco Alemão de Desenvolvimento e do “*Deutsche Ausgleichbank*”. Este incentivo dado pelo Governo em todos os níveis reforça a importância desta tecnologia e motiva o crescimento do mercado⁷⁵.

2.3.3.9 Índia

Através do Ministério de Fontes de Energia Não Convencionais, o Governo Indiano forneceu incentivos em termos de subsídios e outros benefícios fiscais para promover os

⁷³ Em abril de 2000, este programa tornou-se o Plan Soleil.

⁷⁴ Ver Thermie B Programme, 2001.

⁷⁵ Ver Thermie B Programme, 2001.

sistemas de aquecimento solar. No período inicial, o subsídio financeiro era utilizado como ferramenta para desenvolver o mercado, mas este foi sendo reduzido até ser completamente removido em 1994. Atualmente, a Agência de Desenvolvimento de Energia Renovável da Índia e outros seis bancos fornecem financiamento a baixos custos para os sistemas solares. Aos consumidores residenciais, são dados descontos na conta de energia elétrica e aos grandes consumidores é dado o benefício da utilização da depreciação acelerada em 100%, isto é, os benefícios fiscais são concentrados no primeiro ano de instalação (VIPRADAS, 2001).

A implantação de energias renováveis, dentre elas o aquecimento solar, necessitou de apoio financeiro por parte do poder público e até por investidores privados, incluindo desde subsídios diretos até facilidades fiscais. Entretanto, existem alguns requisitos essenciais para que políticas de incentivos financeiro e fiscal sejam eficazes, tais como: devem abranger um longo período, de modo a evitar interrupções no desdobramento comercial; devem contar com verba suficientemente elevada para que não ocorram grandes tempos de espera que retardem as iniciativas privadas; devem ser diminuídos os subsídios dados a alguns combustíveis fósseis, internalizando os custos ambientais, sociais e políticos no preço destes combustíveis convencionais; devem ter como finalidade a criação de um mercado que se sustente por si só (ESTEC, 2003).

2.3.3.10 Estados Unidos

O Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), através de seus escritórios regionais, tem direcionado seus esforços na integração entre os poderes nacionais, estaduais e municipais e na formação de parcerias com a indústria de construção, outras agências federais, concessionárias de energia, companhias de serviços de energia, associação de indústrias solares, instituições financeiras e organizações não governamentais de modo a remover as principais barreiras ao crescimento e utilização da energia solar em suas diversas aplicações.

Em vários estados do país têm-se aplicado medidas de eficiência energética em residências de baixa renda, dentre elas a utilização de sistemas solares, com o intuito de reduzir o consumo e os gastos com energia elétrica⁷⁶. As agências de eficiência

⁷⁶ Ver Weatherization Works, 2001 e NRDC, UCS e FCA, 2002.

energética analisam a residência e verificam o que pode ser feito para reduzir o consumo de energia e sua própria equipe é que faz todo o serviço.

O DOE tem investido em projetos de pesquisa e desenvolvimento sobre energia solar (térmica e fotovoltaica) nos últimos anos, em uma proporção superior a de outras fontes renováveis (EIA, 2000). Nos Estados Unidos, vários tipos de ações estão sendo tomadas em nível estadual⁷⁷: reduções de impostos associados à aquisição de equipamentos solares; isenção de impostos sobre a venda destes equipamentos; isenção do imposto de valor agregado sobre os serviços de instalação; descontos para quem instalar os sistemas de aquecimento solar; aluguel dos equipamentos, cobrado proporcionalmente ao consumo registrado através de medidor, com a opção de compra do equipamento, pertencente à concessionária de energia elétrica, depois de algum tempo; condições de financiamento especiais para aquisição dos sistemas solares; certificação dos equipamentos, garantindo a qualidade dos mesmos e da instalação; licenciamento de instaladores que atendam a requisitos pré-estabelecidos; gerenciamento pelo lado da demanda; coleta de fundos para a utilização de energias renováveis; alteração de normas para a construção de escolas e prédios públicos para incentivar a utilização de energias renováveis e leis de acesso à energia solar⁷⁸.

2.3.4 Exemplos no Brasil

No Brasil, o Convênio ICMS 101/97, de 12 de dezembro de 1997, concedeu isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar. As disposições deste convênio foram prorrogadas até 30 de abril de 2007 pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ). Entretanto, não existem incentivos fiscais e financeiros no Brasil para os usuários finais da tecnologia. Diversos projetos de lei envolvendo a aplicação de aquecedores solares estão em tramitação no país nos níveis municipal, estadual e federal, mas poucos entraram em vigor até o momento. Em 08 de maio de 2002, a Comissão da Câmara aprovou a criação de programa para aproveitamento da energia solar proposto no Projeto de Lei 4138/01, que criou o Programa Nacional de Instalação de Coletores Solares (PROSOL). O objetivo

⁷⁷ Algumas leis e incentivos fiscais dos Estados Unidos utilizados para aumentar a utilização de fontes renováveis na geração de energia podem ser encontrados em EIA (2000).

⁷⁸ Ver North Carolina Solar Center's, Database of State Incentive for Renewable Energy (DSIRE), disponível em <http://www.ncsc.ncsu.edu/dsire.htm>.

da proposta era aproveitar a energia solar e criar um fundo que garantisse o financiamento, em todo o país, da instalação de coletores solares em imóveis comerciais e residenciais. O Fundo Nacional de Fomento ao Uso de Energia Solar (FUNSOL) seria formado por recursos oriundos da cobrança de uma taxa sobre o faturamento bruto anual de cada uma das concessionárias dos serviços públicos de energia elétrica em operação no país⁷⁹.

Através do Programa Nacional de Eficiência Energética, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), concessionários e permissionários do serviço público de distribuição de energia elétrica estão comprometidos a elaborar e implantar projetos de efficientização energética e um dos vários modelos possíveis é a substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares de água⁸⁰.

Sistemas de aquecimento solar podem ser financiados atualmente, dentre outras possibilidades, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), através das linhas de financiamento FINAME⁸¹ e Cartão BNDES⁸², que cobram taxas de juros bastante inferiores às praticadas no mercado.

2.4 UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NOS SETORES RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL

O consumo de eletricidade no Brasil está dividido entre os principais setores, conforme a tabela 9 a seguir. O setor industrial é o que apresenta maior consumo, devido à existência de diversas indústrias eletro-intensivas, como a de alumínio e a siderúrgica. O setor de transportes é o que consome menos, por utilizar basicamente combustíveis derivados de petróleo.

⁷⁹ Ver <https://www.riosvivos.org.br/arquivos/149002550.pdf#search='prosol%20coletores%20solares'>. Questiona-se aqui se a criação de um fundo como este seria a melhor alternativa; talvez apenas a criação de condições especiais de financiamento, ações de treinamento e divulgação da tecnologia ou a alteração do código de construção civil, exigindo a instalação de sistemas de aquecimento solar em todas as novas edificações, já fosse suficiente para impulsionar o crescimento da utilização da tecnologia no Brasil.

⁸⁰ Ver Revista SOLBRASIL, Ano 1, nº 3, 2005

⁸¹ Linha de financiamento do BNDES para aquisição isolada de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, credenciados pelo BNDES em até 60 meses.

⁸² Linha de financiamento do BNDES, voltada para micro, pequenas e médias empresas, as quais podem adquirir produtos que sirvam para o investimento de sua empresa em até 36 parcelas iguais e fixas, calculadas a partir de uma taxa de juros que, em fevereiro de 2006 era de 1,31% a.m.

Tabela 9 - Consumo de eletricidade por setor - 2004

SETORES	
Industrial	47,9 %
Residencial	21,9 %
Comercial	13,9 %
Público	8,4 %
Agropecuário	4,1 %
Energético	3,6 %
Transportes	0,3 %
CONSUMO FINAL (10³ tep)	30.923

Fonte: MME, 2005

No setor residencial, o energético mais consumido é ainda a lenha, aparecendo a eletricidade em segundo lugar, conforme pode ser visto na tabela 10.

Tabela 10 - Participação dos energéticos no setor Residencial - 2004

FONTES	
Lenha	37,8 %
Eletricidade	31,6 %
Gás Liquefeito de Petróleo	27,3 %
Carvão Vegetal	2,4 %
Gás Natural	0,8 %
Querosene	0,1 %
Gás Canalizado	0,0 %
TOTAL (10³ tep)	21.357

Fonte: MME, 2005

A tabela 11 mostra o consumo de energia elétrica pelo setor residencial nas diferentes regiões do Brasil. Verifica-se que a região Sudeste consome cerca de 55% da eletricidade total consumida no país. Já nas regiões Norte e Centro-Oeste, registra-se apenas uma pequena participação.

Tabela 11 – Consumo residencial de energia elétrica no Brasil - 2004

REGIÃO	
Sudeste	54,7 %
Sul	16,8 %
Nordeste	15,8 %
Centro-Oeste	7,5 %
Norte	5,2 %
TOTAL (GWh)	78.577

Fonte: MME, 2005

De acordo com a tabela 9, o setor residencial é responsável por 21,9% do consumo total de energia elétrica no Brasil. Segundo Achão (2003), o aquecimento de água representava em 2000, cerca de 22,2% do consumo total. Considerando que este índice

tenha permanecido constante, isso significa que cerca de 5% de todo o consumo de energia elétrica no país é destinado ao aquecimento de água. Do ponto de vista de segurança de fornecimento de energia elétrica, pode-se observar que a potência instalada de chuveiros elétricos no Brasil em 2001 era maior que a capacidade de geração e que bastava 60% dos chuveiros serem ligados ao mesmo tempo para que ocorresse um colapso no sistema energético brasileiro. A tabela 12 mostra como se chegou a este percentual.

Tabela 12 – Participação do chuveiro elétrico na matriz energética brasileira

O chuveiro elétrico na matriz energética brasileira em 2001	
Chuveiros instalados no Brasil	29.751.000
Potência média por chuveiro (W)	4.400
Potência total instalada (MW)	130.904
Fator de coincidência ⁸³	25%
Potência no horário de ponta (MW)	32.726
Capacidade instalada no Brasil (MW)	73.800
Fator de colapso ⁸⁴	60%

Fonte: Faria, 2004

No setor comercial, a fonte de energia mais consumida é a energia elétrica, com 83,0% do consumo total de energéticos pelo setor, como pode ser verificado através da tabela 13.

Tabela 13 - Participação dos energéticos no setor Comercial - 2004

FONTES

Eletricidade	83,0 %
Gás Liquefeito de Petróleo	5,5 %
Gás Natural	4,2 %
Óleo Combustível	2,7 %
Outras	3,2 %
Lenha	1,4 %
TOTAL (10³ tep)	5.188

Fonte: MME, 2005

A tabela 14 apresenta a participação de cada sub-setor no consumo total de energia elétrica do setor comercial. Verifica-se que a participação do varejo é a mais significativa entre os sub-setores do setor comercial, sendo de particular importância os *shopping-centers* e supermercados.

⁸³ Fator de coincidência ou de simultaneidade de um aparelho elétrico é definido como o percentual destes aparelhos que funcionam simultaneamente.

⁸⁴ Do ponto de vista de segurança de suprimento da energia elétrica, pode-se observar que a potência instalada de chuveiros elétricos no Brasil é maior que a capacidade de geração e que basta 60% dos chuveiros serem ligados ao mesmo tempo para que ocorra um colapso no sistema energético brasileiro.

Tabela 14 – Estrutura de consumo de energia elétrica do setor comercial

SUB-SETORES	
Varejo	22,5 %
Hotéis e Restaurantes	13,4 %
Prédios Comerciais	12,4 %
Entidades Financeiras	12,2 %
Comunicações	5,6 %
Comércio Atacadista	4,0 %
Transportes	3,6 %
Outros (portos, hospitais, etc)	26,4 %

Fonte: Azevedo, 2001

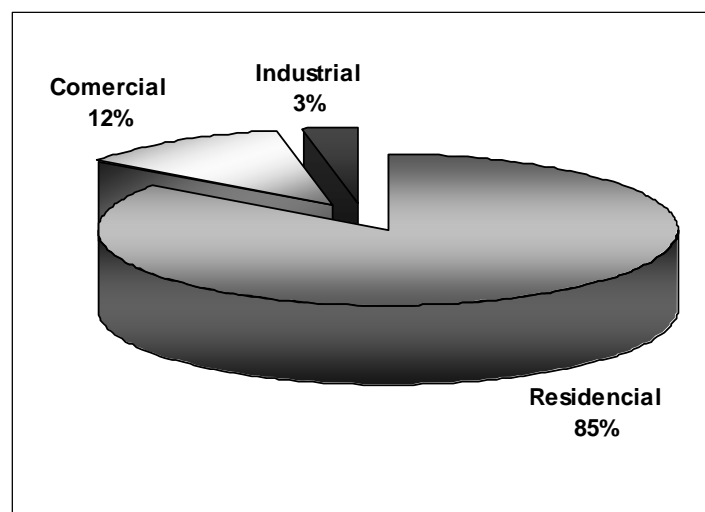
Verifica-se na tabela 15 que no setor industrial, as fontes de energia mais consumidas são a energia elétrica, com 20,3% do consumo total de energéticos pelo setor e o bagaço de cana, com 17,6%.

Tabela 15 - Participação dos energéticos no setor Industrial – 2004

FONTES	
Elettricidade	20,5 %
Bagaço de Cana	17,7 %
Carvão	13,0 %
Coque de Carvão Mineral	9,4 %
Gás Natural	9,2 %
Lenha	7,6 %
Óleo Combustível	6,1 %
Gás de Coqueria	1,4 %
Outras	15,1 %
TOTAL (10³ tep)	72.217

Fonte: MME, 2005

A tecnologia de aquecimento solar encontra aplicação nestes três setores. A análise segmentada do mercado e a proposição de planos distintos para cada segmento são imprescindíveis para entender as principais barreiras e ações para garantir uma maior penetração do aquecedor solar. A figura 24 mostra a segmentação do mercado europeu. Nos segmentos residencial e comercial, a energia solar é utilizada para aquecimento de água e de ambientes; no setor industrial é utilizada como calor de processo para pré-aquecimento; outras utilizações são o aquecimento distrital, a refrigeração, a dessalinização e a secagem.



Fonte: Faria, 2004

Figura 24 – Visão segmentada do mercado europeu de aquecimento solar

De acordo como a Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e de Hábitos de Consumo (PROCEL, 1988), o aquecimento de água através de chuveiros elétricos no setor residencial está presente em cerca de 67% das residências brasileiras. Nas regiões Sul e Sudeste, seu uso atinge mais de 80% do total de residências. Os dados de posse dos equipamentos elétricos indicam que o chuveiro elétrico nos domicílios da região Centro-Oeste tinha presença acima dos 70%; nas regiões Norte e Nordeste, só cerca de 8 e 15% dos domicílios possuíam o equipamento, respectivamente.

Segundo Faria (2004), no setor comercial, o aquecimento solar possui grande aplicabilidade em edificações públicas e privadas, mas o grande potencial deste segmento ainda é muito pouco aproveitado. Os sub-setores que apresentam maior potencial para aplicação do aquecimento solar são aqueles que demandam geralmente grandes volumes diários de água quente, como hotéis, motéis, hospitais, academias e clubes. Como a penetração nestes mercados ainda é pequena, planos de ação setorializados voltados para cada atividade específica precisam ser elaborados. Por isso, neste trabalho, o setor hoteleiro será analisado mais detalhadamente, a fim de se entender sua real demanda por água quente, bem como estimar o potencial de mercado para os sistemas de aquecimento solar.

No segmento industrial, o aquecimento solar é utilizado principalmente para processos como produção de vapor, lavagem, secagem, destilação, pasteurização, etc. Tais

processos necessitam de calor a temperaturas superiores a 80°C (FARIA, 2004). A aplicação da energia solar neste segmento ainda é incipiente na maioria dos países, mas vem sendo desenvolvida com políticas e projetos de pesquisa, aplicação e desenvolvimento.

3 O SETOR HOTELEIRO

3.1 HISTÓRICO DO SETOR NO BRASIL

As primeiras hospedarias surgiram no Brasil no século XVIII, nas cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo para atender a viajantes europeus. No início do século XIX, com a transferência da família real e a abertura dos portos, vários edifícios foram transformados em estabelecimentos hoteleiros. No século XX foi construído no Rio de Janeiro o primeiro edifício do país para abrigar um estabelecimento hoteleiro, o Hotel Avenida, com 220 apartamentos. Em 1922, foi inaugurado o Copacabana Palace, com 223 apartamentos. Na década de 30, o setor hoteleiro sofreu os efeitos da diminuição do número de viagens, provocada pela crise de 29. No início dos anos 40, foram construídos os hotéis-cassinos que, acabaram sendo desativados com a proibição do jogo em 1946. A partir da década de 40, as viagens comerciais voltaram a ser as principais responsáveis pela demanda dos hotéis do Rio de Janeiro e de São Paulo e no final dos anos 50, com o desenvolvimento do transporte aéreo, as viagens foram incrementadas e a situação do setor modificou-se (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999).

Em 1966 foram criados o Instituto Brasileiro de Turismo (EMBRATUR) e uma série de incentivos fiscais na implantação de hotéis, iniciando uma era de avanço, principalmente na construção de empreendimentos de luxo, fato que se estenderia pela década de 70 (AMAZONAS e GOLDNER, 2004).

A expansão da hotelaria na década de 1970 foi estimulada pelo crescimento do número de viagens, ocasionado por diversos fatores, tais como, o desenvolvimento da infraestrutura dos transportes aéreo e rodoviário; o elevado nível de atividade econômica no período; os incentivos oferecidos pela Embratur para os investimentos no setor de turismo; os financiamentos do BNDES e os incentivos fiscais. Nesse período houve também a expansão das redes hoteleiras locais e a entrada no país das grandes cadeias internacionais⁸⁵, motivadas pelo crescimento econômico e o aumento dos investimentos de empresas estrangeiras no Brasil (GORINI e MENDES, 2005).

⁸⁵ A primeira cadeia internacional a operar no país foi a Hilton Internacional Corporation. Os principais impactos da entrada das operadoras internacionais no país foram a diversificação dos serviços de

Após a década de 70, o setor passou por um período de estagnação com degradação de boa parte dos hotéis existentes, influenciada por um cenário político-econômico desfavorável, pelo despreparo de parte dos investidores e das empresas familiares responsáveis pela gestão dos hotéis. De acordo com Amazonas e Goldner (2004), este pode ser considerado o segundo momento de crise da hotelaria brasileira.

Após um período de estagnação no setor, o final da década de 1980 marcou a entrada de novas operadoras internacionais, interessadas em diversificar seus mercados e oferecer serviços em escala mundial. Surgiram os primeiros apart-hotéis ou *flat services*, desenvolvidos para oferecer ao setor de construção a oportunidade de um novo negócio seguro e viável, principalmente para os pequenos e médios investidores. Apesar de oferecerem os mesmos produtos que os hotéis, os flats são considerados condomínios e, em função desta classificação, é menor a carga tributária que incide sobre seus serviços (AMAZONAS e GOLDNER, 2004).

A partir de 1994, com o fim do processo inflacionário e o começo de um novo ciclo de crescimento econômico, a demanda hoteleira brasileira iniciou um processo de expansão. O número de viagens domésticas e o fluxo de turistas estrangeiros aumentaram devido ao crescimento de renda da população e aos investimentos de empresas nacionais e estrangeiras no país. Verificou-se o início de um processo de reorganização e diversificação do setor, com o desenvolvimento de novos empreendimentos hoteleiros, a criação de pólos turísticos, a entrada de novas operadoras hoteleiras, o aumento da profissionalização da administração dos hotéis, especialmente das redes, e os investimentos em modernização e reposicionamento de mercado dos empreendimentos já estabelecidos. Na qualidade de investidores imobiliários, diversos fundos de pensão começaram a participar com capital no mercado hoteleiro.

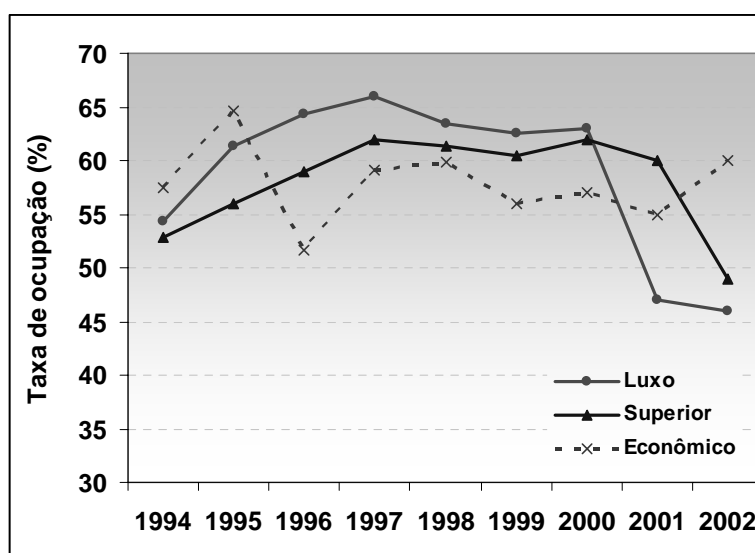
Entre 1995 e 1997 foram realizados vários processos de fusões e incorporações, que contribuíram para o aumento da escala das operações e para a organização das grandes cadeias hoteleiras internacionais, movimentando cerca de US\$ 25 bilhões no mundo (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999). As operadoras também procuraram concentrar suas atividades nos serviços de gestão, através de contratos de

hospedagem oferecidos pelos empreendimentos que atuavam no segmento de luxo e o aumento da profissionalização no setor, com o emprego de mão-de-obra especializada e qualificada. As cadeias também contribuíram com o incremento do turismo internacional com destino ao Brasil (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999).

administração ou franquias. Com isso, a expansão das cadeias passou a ser impulsionada por parcerias com incorporadores e outros agentes interessados nos investimentos imobiliários associados aos hotéis (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999).

Alguns impactos externos negativos foram sentidos pelo mercado hoteleiro no Brasil no período de 2001 a 2003. A demanda sofreu uma redução, ocasionada pela diminuição do número de viagens a negócio e a lazer, impactada pelo baixo crescimento econômico interno e pelas crises externas. Pelo lado da oferta, houve a construção de numerosos hotéis, principalmente nos grandes centros, com o intuito de suprir a demanda não atendida de hotéis mais antigos e deteriorados, que compunham a oferta hoteleira de diversas cidades, inclusive das capitais. A partir da projeção de uma demanda crescente, vários hotéis, principalmente *flats*, foram construídos e muitos deles, fechados logo depois devido à não confirmação das expectativas projetadas (GORINI e MENDES, 2005).

A figura 25 mostra as taxas médias de ocupação⁸⁶ hoteleira no período de 1994 a 2002, em que se destaca uma grande variabilidade, com tendência à redução, particularmente, nas categorias luxo e superior, que caíram abaixo de 50% no final do período considerado.



Fonte: Embratur apud Gorini e Mendes (2005)⁸⁷

Figura 25 – Evolução da Taxa de Ocupação Hoteleira no Brasil – 1994/2002

⁸⁶ Ver definição no capítulo 3.2.

⁸⁷ A categoria luxo refere-se aos hotéis classificados como cinco estrelas; a categoria superior, aos hotéis quatro estrelas e a categoria econômica, aos hotéis duas estrelas, de acordo com o Regulamento do Sistema Oficial de Classificação de Meios de Hospedagem da Embratur.

De acordo com Amazonas e Goldner (2004), para o cenário do século XXI, espera-se que: a indústria hoteleira sofra uma expansão e um deslocamento para o Nordeste brasileiro, com grandes investimentos na construção de *resorts*⁸⁸ (hotéis que buscam uma estratégia de qualidade e de “encantamento” do hóspede para lidar com a competitividade do mercado) no litoral da Bahia e de Pernambuco; que haja uma grande concentração de hotéis instalados nas principais capitais das regiões Sul e Sudeste, principalmente nas categorias econômica e super-econômica, visando principalmente o turismo de negócio (hotéis que buscam uma estratégia de custos para lidar com a competitividade do mercado). A linha de hotéis de 3 e 4 estrelas deve sofrer impactos na queda das taxas de ocupação pela falta de diferencial competitivo, sob o ponto de vista do consumidor, e pela concorrência direta com os *flats*.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

O setor de turismo, no qual se inclui o segmento de hotelaria, é uma das atividades com maior representatividade econômica e emprega milhões de pessoas, direta ou indiretamente, em serviços de alojamento, transportadoras, locadoras de veículos, lavanderias, agências turísticas, restaurantes, etc. É um setor intensivo em mão-de-obra e em capital, e possui resultados sazonais, de acordo com as chamadas alta, média e baixa temporadas (GORINI e MENDES, 2005). Em 2003, a receita cambial gerada pelo turismo no mundo foi de US\$ 514,4 milhões e no Brasil, de US\$ 3,4 milhões (8,52% superior a 2002). O gasto médio diário em 2003 de um turista estrangeiro no Brasil foi de US\$ 87,99, com uma permanência média de 13,55 dias. O desembarque de passageiros em vôos internacionais em 2004 foi de 6,14 milhões de pessoas (14,19% superior a 2003) e em vôos nacionais foi de 35,57 milhões de pessoas (18,95% superior a 2003)⁸⁹.

Como definições básicas descritas na Análise Setorial da Indústria Hoteleira, elaborada pela Gazeta Mercantil em 1999, tem-se que:

⁸⁸ Um *resort* pode ser definido como um empreendimento hoteleiro de alto padrão em instalações e serviços, fortemente voltado para o lazer em área de amplo convívio com a natureza, no qual o hóspede não precisa se afastar para atender suas necessidades de conforto, alimentação, lazer e entretenimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESORTS, 2005).

⁸⁹ Dados da Embratur, 2005.

- Setor de hospedagem: procura atender à necessidade de alojamento e abrigo das pessoas que estão em trânsito ou temporariamente longe de seus domicílios. Os empreendimentos comerciais que atuam nessa atividade podem ser segmentados em pensões e hospedarias ou hotéis;
- Hotéis: Oferecem hospedagem, alimentação e um conjunto de serviços de apoio aos viajantes. Costumam ser de médio e grande portes, organizados sob a forma de edifícios, com mais de 20 apartamentos. Atendem principalmente, às viagens de longa distância, que na maior parte dos casos são organizadas por empresas especializadas. Estão associados ao turismo e às viagens de negócio internacionais e viagens domésticas de longa distância;
- Pensões e Hospedarias: São empreendimentos de pequeno porte e possuem entre 5 e 20 apartamentos, com aspecto familiar e normalmente administradas pelos próprios proprietários. São voltadas para as viagens de pequenas e médias distâncias, realizadas no interior dos países, principalmente de automóvel;
- Taxa de ocupação: É um indicativo do nível de utilização da capacidade instalada de um empreendimento hoteleiro, calculada a partir da relação entre leitos ocupados e o total de leitos disponíveis ou entre o número de apartamentos ocupados e o número de apartamentos disponíveis. Normalmente, as taxas médias de ocupação dos apartamentos dos hotéis variam entre 40 e 65% e valores em torno de 80% podem indicar a necessidade de novos empreendimentos.

Os principais agentes do setor hoteleiro são os proprietários dos bens imóveis explorados comercialmente como meios de hospedagem (hotéis independentes); as empresas operadoras, responsáveis pela administração e gerenciamento dos empreendimentos (redes hoteleiras); as companhias construtoras, responsáveis pela execução de obras de reforma ou construção; as grandes incorporadoras, que atuam na identificação de oportunidades de negócios no setor imobiliário; as consultorias, responsáveis pela elaboração e análise da viabilidade econômica dos projetos; os investidores institucionais públicos e privados; e as agências de viagens e operadoras de turismo, responsáveis pela comercialização dos meios de hospedagem oferecidos pelos hotéis (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999).

Os hotéis podem ser administrados diretamente pelos proprietários ou por empresas especializadas, através de contratos de gestão ou arrendamento. Podem ser independentes ou estar vinculados a redes que operam nos mercados doméstico ou

internacional. Os hotéis independentes, em geral, são administrados pelos próprios proprietários. Este é o caso da maior parte dos estabelecimentos de pequeno e médio portes, que atuam nos segmentos econômico e intermediário e atendem às viagens domésticas de pequena e média distâncias. Os hotéis vinculados a cadeias costumam ser administrados por empresas especializadas (operadoras), através de contratos de gestão ou de arrendamento. Também existem redes organizadas a partir da associação de hotéis independentes e redes formadas por estabelecimentos próprios. Em geral, são constituídas por empreendimentos de médio e grande portes, voltados para as viagens de negócios e de turismo de longa distância, com o objetivo de gerar ganhos de escala e compensar os elevados custos operacionais fixos associados à atividade. (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999). Com isso, sua participação na oferta de meios de hospedagem costuma ser maior que a participação no parque hoteleiro. Segundo o levantamento da Pesquisa “Raio X da Hotelaria Brasileira” (AMAZONAS e GOLDNER, 2004), as cinco maiores redes hoteleiras nacionais em operação no Brasil são Blue Tree, Othon, Nacional Inn, Transamérica Flats e Tropical. As cinco maiores redes hoteleiras internacionais são Accor, Sol Meliá, Atlântica Intercontinental Hotels, Group Golden Tulip e Chambertin.

A demanda pelos meios de hospedagem sofre efeitos sazonais que ocasionam variações nos níveis de ocupação dos hotéis. As características do comportamento sazonal estão relacionadas ao perfil da demanda explorada pelo empreendimento hoteleiro – viagens de negócio ou lazer, turismo doméstico ou internacional e eventos (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999).

De acordo com Gorini e Mendes (2005), a base da oferta existente da indústria hoteleira no Brasil é formada ainda hoje por hotéis de pequeno e médio portes, freqüentemente de propriedade familiar. Em geral, a proporção de capital investido no setor hoteleiro não responde imediatamente à situação econômica do país, mas com uma certa defasagem, de dois ou três anos, como resultado do hiato entre a sinalização de aumento de atratividade e a reação de investidores no setor e do prazo, relativamente longo, necessário para planejar, projetar, aprovar e produzir novos empreendimentos.

Como forma de atrair novos clientes, fidelizar os atuais e garantir sua fatia do mercado, os hotéis precisam modernizar-se com certa regularidade. A desatualização ou o envelhecimento de suas instalações pode gerar desvantagens na competição e induzir a uma redução nos preços das tarifas para manter os níveis médios de ocupação. Segundo o Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil (FOHB), os hotéis necessitam realizar

investimentos anuais em montantes crescentes da ordem de 1% a 5% de seu faturamento bruto, permanecendo ao redor de 5% a partir do quinto ano de implantação, destinados à formação de um fundo para reposição de ativos (GORINI e MENDES, 2005).

A Pesquisa Anual de Serviços 2003 do IBGE (2005) aponta a existência de 22.563 empresas de “serviços de alojamento” no Brasil, o que incluiria hotéis, pousadas, hotéis-fazendas, pensões, motéis, etc, com cerca de 235 mil pessoas ocupadas nesses estabelecimentos. Segundo a Análise Setorial da Gazeta Mercantil (1999), a hospedagem é o mais importante serviço oferecido pelos hotéis, cujos portes são dimensionados com base na quantidade de leitos disponíveis. Em geral, o número de leitos disponíveis nos hotéis é o dobro do número de apartamentos, porque a maior parte dos estabelecimentos projeta quartos para duas pessoas, em vez de quartos individuais. O número de leitos disponíveis por apartamento varia conforme o perfil e a categoria do empreendimento e, de acordo com uma pesquisa Fade-Embratur, de 1996, citada na Análise Setorial da Gazeta Mercantil, um número médio de 2,52 leitos por apartamento poderia ser considerado para o Brasil.

Os hotéis apresentam custos de O&M fixos (depreciação e manutenção, energia, limpeza e mão de obra) e de O&M variáveis (despesas com lavanderia, alimentos, bebidas e vendas). De acordo com dados da Hotel Investment Advisors (HIA), de 2002, disponibilizados pela Embratur em sua página eletrônica em 2005, o item energia⁹⁰ representa cerca de 8,3% do custo total de hotéis urbanos com diárias médias acima de R\$ 190,00; 9,8% do custo total de hotéis urbanos com diárias médias entre R\$ 90,00 e R\$ 190,00; 12% do custo total de hotéis urbanos com diárias médias abaixo de R\$ 90,00; e 6,4% do custo total de *resorts*⁹¹.

A tabela 15, elaborada a partir de dados da Embratur⁹², mostra a participação da energia nos custos totais da hotelaria, de 1994 a 2000, para três classes de hotéis (luxo, superior, econômico):

⁹⁰ Não é especificado se o valor refere-se apenas à energia elétrica ou à energia total, considerando o consumo de todos os combustíveis.

⁹¹ Valores de 2002.

⁹² Evolução do Turismo no Brasil: 1992-2001 (EMBRATUR, 2002).

Tabela 15 - Parcela dos custos totais referente à energia na Hotelaria (%)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Média
Luxo	7,7	6,0	4,7	4,5	4,0	4,8	5,5	5,3
Superior	6,8	6,2	8,7	8,9	7,6	7,1	8,4	7,7
Econômico	10,1	9,8	10,4	9,6	9,7	9,5	9,7	9,8
Média	8,2	7,3	7,9	7,7	7,1	7,1	7,9	

Fonte: Embratur apud Gorini e Mendes (2005)⁹³

Os dados sobre o parque hoteleiro brasileiro não estão consolidados por uma única entidade, o que provoca divergências quanto ao número de meios de hospedagem existentes no país. O IBGE (2005), em sua Pesquisa Anual de Serviços 2003, considera 22.563 empresas voltadas a serviços de alojamento; a Embratur em 2004 contava com apenas 3.967 estabelecimentos hoteleiros cadastrados⁹⁴ (4,8% Norte, 22% Nordeste, 33% Sudeste, 27,4% Sul e 12,8% Centro-Oeste); já o Guia Quatro Rodas (EDITORA ABRIL, 2005) que, em 2004 apresentava 5.557 hotéis e pousadas, apresenta na edição 2006 (EDITORA ABRIL, 2006), 5.583 estabelecimentos hoteleiros (3% Norte, 22,8% Nordeste, 48,2% Sudeste, 19,4% Sul e 6,6% Centro-Oeste), sendo que este número não abrange a totalidade dos empreendimentos existentes, mas apenas aqueles que atendem aos parâmetros mínimos estabelecidos pelos editores.

A pesquisa “Raio X da Hotelaria Brasileira” (AMAZONAS e GOLDNER, 2004), outra fonte de dados do setor, investiga 144 redes hoteleiras do país, incluindo *flats*, classificando-as em nacionais e internacionais e, ainda, em hotéis e *flats*. Das 129 redes concretamente analisadas, 101 são nacionais, com 530 empreendimentos e 57 mil apartamentos e 28 são redes internacionais, com 268 empreendimentos e 46 mil apartamentos⁹⁵. Nesta análise, verifica-se que São Paulo está na liderança quanto ao número de quartos e de empreendimentos de redes hoteleiras (41,11% e 37,97%, respectivamente), sendo o Rio de Janeiro o segundo colocado, com 10,02% do número de quartos ofertados e 9,40% dos empreendimentos em operação no Brasil.

Os empreendimentos hoteleiros são atualmente classificados pela Embratur⁹⁶ e é a Associação Brasileira da Indústria Hoteleira (ABIH), através do Instituto Brasileiro de Hospedagem (IBH), quem faz o gerenciamento operacional do processo de

⁹³ A categoria luxo refere-se aos hotéis classificados como cinco estrelas; a categoria superior, aos hotéis quatro estrelas e a categoria econômica, aos hotéis duas estrelas, de acordo com o Regulamento do Sistema Oficial de Classificação de Meios de Hospedagem da Embratur.

⁹⁴ Ver Estatísticas Básicas do Turismo: Brasil (EMBRATUR, 2005).

⁹⁵ O total de 798 empreendimentos ofertados pelas 129 redes hoteleiras analisadas representa 3,5% do total de empresas voltadas ao serviço de alojamento divulgado pelo IBGE para o ano de 2003. Para 2007 é projetado um aumento do número de empreendimentos das redes em 21% e em 26% para o número de apartamentos disponibilizados (AMAZONAS e GOLDNER, 2004).

⁹⁶ Deliberação Normativa nº 433, de dezembro de 2002 do Ministério do Esporte e Turismo.

classificação. A classificação não é obrigatória, mas representa para o hotel ter um sistema de gestão e uma padronização em todos os seus serviços e instalações, e também passar a ter uma classificação oficial do Governo, com reconhecimento e divulgação nacional e internacional. Uma nova sistemática de classificação foi implementada em 2002⁹⁷, visando atender às necessidades do mercado e da hotelaria e, através da classificação de uma a cinco estrelas “plus” (simples, econômico, turístico, superior, luxo e super luxo), garante-se que os requisitos mínimos de segurança, higiene, cuidados ambientais e outros, para cada categoria de hotel, estão sendo atendidos. Segundo informações da ABIH (2005), atualmente, apenas 26 hotéis estão classificados de acordo com a nova sistemática, apesar de vários estabelecimentos estarem em processo de avaliação. Ao contrário da matriz anterior elaborada pela Embratur, onde os hotéis recebiam um somatório de pontos de acordo com os quesitos atendidos, agora eles devem atender a todos os critérios estabelecidos⁹⁸. O baixo e recente número de hotéis classificados pela Embratur não permite que seja adotada esta metodologia de classificação neste trabalho para efeitos de caracterização dos hotéis.

A pesquisa “Raio X da Hotelaria Brasileira” (AMAZONAS e GOLDNER, 2004) categorizou os hotéis de acordo com o referencial de preço: **A** - Acima de R\$ 300,00; **B** - Entre R\$ 200,00 e R\$ 300,00; **C** - Entre R\$ 150,00 e R\$ 199,99; **D** – Entre R\$ 100,00 e R\$ 149,99; **E** – Entre R\$ 50,00 e R\$ 99,99; e **F** – Abaixo de R\$ 50,00. Como estes preços valem para 2004, se utilizássemos este critério hoje, as faixas deveriam ser reajustadas.

O Guia Quatro Rodas é considerada a mais tradicional publicação na área de turismo do país e foi criado na década de 60. O objetivo da publicação é oferecer aos leitores um painel das opções turísticas existentes no país e avaliar a qualidade dos serviços oferecidos, com base em critérios jornalísticos. Tanto a classificação quanto a avaliação dos serviços e dos estabelecimentos são realizadas a partir de visitas anônimas. Na década de 70, a classificação do Guia Quatro Rodas consolidou-se como uma das mais respeitadas no setor hoteleiro, por conta de sua isenção e credibilidade (ANÁLISE SETORIAL – GAZETA MERCANTIL, 1999). Em 1966 eram apenas 663 hotéis relacionados e na edição 2006, este número chega a 5.583.

⁹⁷ Para maiores informações sobre a Matriz de Classificação e o Manual de Avaliação para os Meios de Hospedagem, consultar o site www.abih.com.br, no item Classificação.

⁹⁸ <http://www.noolhar.com/opovo/turismo/144490.html>, junho/2001.

De acordo com a classificação do Guia Quatro Rodas (2006), hotéis e *flats* podem ser divididos em cinco categorias – luxo, muito confortável, confortável, médio conforto e simples; os *campings* recebem apenas as três últimas classificações. A diferenciação das categorias é feita através de alguns aspectos gerais e que não abrangem todos os itens de uma avaliação:

- Simples: Muitos são pousadas adaptadas em residências ou pequenos prédios, com o proprietário e familiares à frente do negócio. Acomodações com poucos equipamentos; podem ter alguma estrutura de lazer.
- Médio Conforto: Com melhor acabamento e serviço mais cuidadoso. Podem ter vários tipos de acomodações, em geral, bem equipadas.
- Confortável: Na maior parte dos casos, são bem planejados e não têm sinais de improvisado. Há padronização de mobília e decoração. Equipamentos modernos e serviços abrangentes.
- Muito Confortável: Bem planejados, com boa estrutura de lazer ou de negócios. Apartamentos padronizados e equipados com facilidades tecnológicas.
- Luxo: São os mais sofisticados, com os melhores serviços. Acabamento de primeira qualidade em todas as dependências.

O Guia apresenta também hotéis sem categorias, pois em algumas cidades existem hotéis que não se enquadram nos critérios mínimos estabelecidos. São lugares muito simples e com pouco conforto.

Por apresentar um maior número de dados que caracterizam melhor os estabelecimentos hoteleiros, esta será a classificação adotada neste trabalho para efeitos de avaliação e projeção de mercado para os aquecedores solares.

3.3 PERFIL DA INDÚSTRIA HOTELEIRA NO BRASIL

Utilizando como o universo de amostragem os dados apresentados pelo Guia Quatro Rodas 2006 (EDITORA ABRIL, 2006), excluindo-se os barcos de pesca e *campings*, pôde-se traçar um perfil dos meios de hospedagem no Brasil.

Em um total de 5.376 estabelecimentos considerados, 3,2% não pertencem a nenhuma das cinco categorias definidas pelo Guia; 57,4% são hotéis simples, 28,4% são considerados de médio conforto, 8,8% são confortáveis; 1,9% muito confortáveis e

apenas 0,3% são considerados de luxo. A tabela 16 mostra a distribuição dos estabelecimentos hoteleiros por categoria e região brasileira:

Tabela 16 – Distribuição de Estabelecimentos Hoteleiros por categoria e região

Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Total
N	29	95	31	6	1		162
NE	37	750	345	63	29		1.224
S	29	558	343	97	18		1.045
SE	38	1.491	720	279	48	14	2.590
CO	40	194	90	26	5		355
Total	173	3.088	1.529	471	101	14	5.376

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Guia Quatro Rodas (2006).

Em todas as regiões a predominância é de hotéis simples e de médio conforto (Norte: 77,7%; Nordeste: 89,5%; Sul: 86,2%; Sudeste: 85,4%; Centro-Oeste: 80%). Observa-se também que os estabelecimentos sem classificação, geralmente pousadas e hotéis fazendas, encontram-se mais nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste; os das outras categorias estão concentrados na região Sudeste. A Região Sudeste é a que apresenta o maior número de estabelecimentos (2.590). Apenas hotéis nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo apareceram na categoria Luxo.

Os estabelecimentos considerados possuem no total, 274.543 apartamentos com banheiro individual e 526 quartos com banheiro coletivo. Aqui serão considerados apenas os apartamentos, uma vez que na classificação da Embratur/ABIH, apenas estes são considerados como Unidades Habitacionais para efeitos de classificação⁹⁹. A tabela 17 mostra o número de apartamentos por categoria e região.

Tabela 17 – Número de Apartamentos por categoria e região

Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Total
N	942	3.685	2.466	1.061	594		8.748
NE	396	19.399	23.271	8.870	7.055		58.991
S	176	21.180	25.281	9.818	3.588		60.043
SE	393	33.580	43.019	35.573	10.379	3.320	126.264
CO	574	7.338	7.426	3.910	1.249		20.497
Total	2.481	85.182	101.463	59.232	22.865	3.320	274.543

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do Guia Quatro Rodas (2006).

⁹⁹ Ver Regulamento do Sistema Oficial de Classificação de Meios de Hospedagem no endereço eletrônico <http://www.abih.com.br>.

A partir dos dados destas duas últimas tabelas, pode-se calcular o número de apartamentos por hotel, de acordo com a categoria e a região considerada, conforme pode ser visto na tabela 18:

Tabela 18 – Número de Apartamentos por Hotel por categoria e região							
Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Média
N	32,5	38,8	79,5	176,8	594,0		54,0
NE	10,7	25,9	67,5	140,8	243,3		48,2
S	6,1	38,0	73,7	101,2	199,3		57,5
SE	10,3	22,5	59,7	127,5	216,2	237,1	48,8
CO	14,4	37,8	82,5	150,4	249,8		57,7
Média¹⁰⁰	14,3	27,6	66,4	125,8	226,4	237,1	51,1

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do Guia Quatro Rodas (2006).

A média encontrada para a relação nº apartamentos/hotel foi de 51,1 (Norte: 54,0; Nordeste: 48,2; Sul: 57,5; Sudeste: 48,8; Centro-Oeste: 57,7). Se forem considerados os números por categoria, a média nos estabelecimentos sem classificação foi de 14,3; os considerados simples possuem cerca de 27,6 apartamentos por hotel e, conforme o padrão do estabelecimento vai aumentando, esta relação também aumenta, chegando a 237,1 para os estabelecimentos de luxo.

Do total de estabelecimentos avaliados, 69,6% possui aparelhos de ar condicionado, conforme apresentado na tabela 19:

Tabela 19 – Parcela dos estabelecimentos que possuem aparelhos de ar condicionado							
Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Média
N	48,3%	92,6%	100,0%	100,0%	100,0%		86,4%
NE	86,5%	81,3%	96,8%	100,0%	100,0%		87,3%
S	3,4%	55,4%	80,5%	92,8%	100,0%		66,4%
SE	7,9%	48,2%	73,3%	87,1%	100,0%	100,0%	60,0%
CO	90,0%	68,6%	96,7%	100,0%	100,0%		80,8%
Média	49,7%	60,2%	82,1%	90,9%	100,0%	100,0%	69,6%

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do Guia Quatro Rodas (2006).

As regiões Nordeste e Norte, com valores médios de 87,3% e 86,4%, respectivamente são as que apresentam, proporcionalmente, o maior número de estabelecimentos com ar condicionado. Nos hotéis sem categoria, observa-se que nas regiões Sul e Sudeste apenas uma pequena parcela dos estabelecimentos possui aparelhos de ar condicionado.

¹⁰⁰As médias calculadas nesta e nas próximas tabelas são médias ponderadas, a menos que seja informado o contrário.

Conforme o padrão do estabelecimento vai aumentando, percebe-se que o nível de conforto, através do condicionamento ambiental, também aumenta.

Do total de estabelecimentos avaliados, cerca de 7,7% possui piscina térmica (podendo ter mais de uma), conforme apresentado na tabela 20:

Tabela 20 – Parcela dos estabelecimentos que possuem piscina térmica

Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Média
N			3,2%				0,6%
NE				1,6%			0,1%
S	3,4%	7,9%	24,8%	30,9%	72,2%		16,6%
SE		3,9%	13,3%	21,1%	29,2%	42,9%	9,0%
CO		2,1%	3,3%	3,8%			2,3%
Média	0,6%	3,4%	12,1%	19,3%	26,7%	42,9%	7,7%

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do Guia Quatro Rodas (2006).

O maior índice de hotéis com piscina térmica encontra-se na região Sul devido ao clima frio dominante (valor médio de 16,6%). Conforme o padrão do estabelecimento vai aumentando, percebe-se que o percentual de hotéis da região com piscina térmica também aumenta.

Do total de estabelecimentos avaliados, apenas 1,8% possui hidromassagem (podendo ter mais de uma), conforme apresentado na tabela 21:

Tabela 21 – Parcela dos estabelecimentos que possuem hidromassagem

Regiões	Sem categoria	Simples	Médio Conforto	Confortável	Muito Confortável	Luxo	Média
N		1,1%					0,6%
NE		0,3%	0,9%	3,2%			0,6%
S		0,9%	1,5%	4,1%			1,3%
SE		1,0%	3,3%	8,2%	18,8%	14,3%	2,8%
CO		0,5%					0,3%
Média	0,0%	0,8%	2,1%	6,2%	8,9%	14,3%	1,8%

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do Guia Quatro Rodas (2006).

Cerca de 2,8% dos estabelecimentos da região Sudeste possuem banheiras de hidromassagem. Cerca de 14,3% dos estabelecimentos de luxo avaliados possuem banheiras de hidromassagem.

3.4 PERFIL DE CONSUMO

3.4.1 Perfil de Consumo de Energia Elétrica

A hotelaria nacional vem buscando diferenciais para atrair e fidelizar seus hóspedes, onde a redução de custos e a competitividade são questão de sobrevivência. Identificam-se hotéis em todo o mundo que tendem a ser classificados de acordo com os esforços tomados para melhorar as condições do meio ambiente global, conhecidos como “hotéis verdes”. Estes hotéis devem promover economia de água e energia, além do tratamento de efluentes sólidos. O uso eficiente de fontes de energias limpas e renováveis, como a energia solar, torna-se cada vez mais importante. A imagem de empreendimento ambientalmente correto pode contribuir para atrair hóspedes conscientes da importância da responsabilidade social para o desenvolvimento do país.

O setor hoteleiro é caracterizado pelo elevado consumo de energia, principalmente devido a uma de suas funções primordiais, que é maximizar o conforto de seus hóspedes. Segundo Azevedo (2001), o segmento de hotéis e restaurantes representa cerca de 13,4% do consumo de energia elétrica da classe comercial. Considerando que o setor comercial representa 14,2% do consumo total de eletricidade ($29,4 \times 10^6$ tep) (MME, 2004), o segmento de hotéis e restaurantes seria responsável pelo consumo de 1,90% do consumo total de energia elétrica no Brasil (558.600 tep ou 6.495 GWh).

Os hotéis possuem características únicas, quando comparados a outros prédios comerciais, pois possuem diferentes escalas de operação para diferentes tipos de serviços; um número bastante grande de serviços oferecidos (restaurantes, lavanderia, *business center*, etc); níveis variáveis de ocupação durante o ano; pessoas com diferentes gostos e hábitos quanto ao condicionamento ambiental, etc, o que levará a diferentes situações de consumo de energia.

3.4.1.1 Dados de Consumo

Vários estudos vêm sendo realizados por diversas instituições, para diferentes estados do Brasil. A seguir, destacam-se alguns estudos que podem contribuir para o melhor entendimento do perfil de consumo de energia elétrica do setor hoteleiro.

De acordo com pesquisa realizada por Medeiros e Benedito (2002) o perfil de consumo de energia elétrica em unidades hoteleiras do Espírito Santo é: 25% ar condicionado,

30% iluminação, 20% refrigeração, 22% motores e 3% outros usos. No universo da pesquisa, o consumo médio de energia elétrica era de 3.943 kWh/mês para os meses de baixa temporada e de 7.264 kWh/mês para os meses de alta temporada.

Em 2000, os setores de alojamento e alimentação representavam juntos, 15,4% do consumo do setor terciário da Bahia (NUNES FILHO, 2002). A tabela 22 apresenta o resultado de um estudo de eficiência energética para o setor hoteleiro de Salvador, realizado em 1996. Neste estudo, o perfil de consumo de energia elétrica encontrado para uma amostra de três hotéis três estrelas foi: 49,5% condicionamento de ar, 25,5% refrigeração, 18,0% iluminação e 7,0% outros.

Tabela 22 – Perfil de consumo de energia elétrica em hotéis de Salvador

	Hotel 1	Hotel 2	Hotel 3
Nº de Apartamentos	100	46	91
Taxa média de ocupação anual	73%	63%	78%
Consumo anual (kWh)	595.000	320.500	542.200
Demanda (kW)	154	83	124
Pot. Instalada (kVA)	225	112,5	300
Custo anual de energia (R\$)	43.260,00	23.080,00	39.780,00
Custo unitário de energia (R\$/MWh)	72,70	72,01	73,58
Consumo por quarto ocupado (kWh/quarto)	695	930	636

Fonte: Estudo de Eficiência Energética – Relatório Setorial: Hotéis, 1996

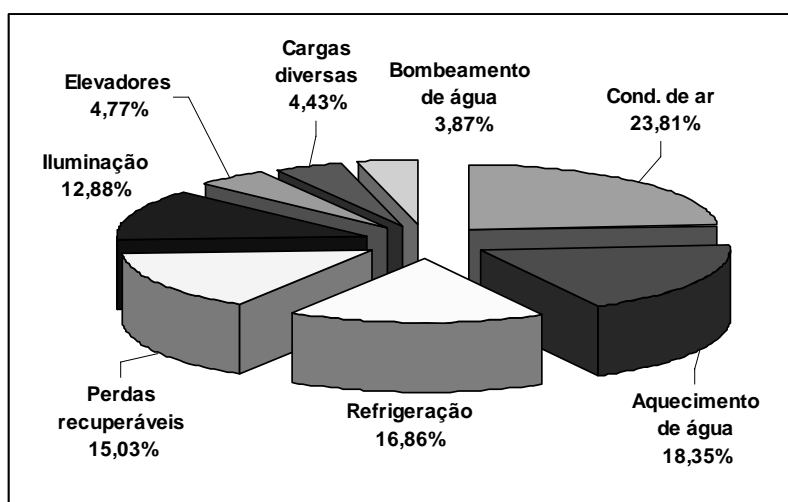
Segundo a revista Otimização Energética – Setor Hotéis (CEMIG, 1996), o setor hoteleiro de Minas Gerais era responsável, em 1994, pelo consumo de cerca de 53,25 GWh/ano de energia elétrica. O universo pesquisado abrangia 668 estabelecimentos, estando 46,3% deles na categoria 2 estrelas; 57,95% com 100 a 1.000 m² de área construída e apenas 25,75% com menos de 10 anos; 23,68% do consumo total anual de energia elétrica correspondiam aos hotéis de pequeno porte (consumo mensal de até 5.000 kWh – Baixa Tensão), 28,47% aos hotéis de médio porte (5.001 a 20.000 kWh/mês – Baixa Tensão) e o restante aos hotéis de grande porte, consumidores de mais de 20.000 kWh/mês (13.800 V ou distribuição subterrânea) de energia elétrica. Em 24,63% destes hotéis, o custo com energia elétrica representava de 1 a 6% dos custos operacionais e em 62,32% dos hotéis a parcela da energia elétrica era de 6,1 a 20%. A taxa de ocupação média em 66,92% dos estabelecimentos de Minas Gerais pesquisados era de 30 a 70%.

A tabela 23 mostra alguns indicadores de consumo de energia elétrica para o setor hoteleiro, obtidos a partir deste estudo:

Tabela 23 – Indicadores de consumo de energia elétrica em hotéis de Minas Gerais				
Consumo elétrico específico mensal	Médio Executivo (11.000 kWh)	Médio Executivo (15.000 kWh)	Grande Executivo (36.000 kWh)	Grande Lazer (70.000 kWh)
kWh/funcionário	221,96	290,00	548,03	614,52
kWh/m ²	3,70	2,94	5,32	4,41
kWh/hóspede	6,51	12,03	13,17	16,13
kWh/unidade ocupada	9,19	16,12	17,53	41,14

Fonte: CEMIG, 1995

Nos hotéis avaliados, o consumo de energia elétrica tinha o perfil mostrado na figura abaixo:



Fonte: CEMIG, 1995

Figura 26 – Perfil do consumo de energia elétrica em hotéis em Minas Gerais

Os equipamentos utilizados para o aquecimento de água eram o chuveiro elétrico¹⁰¹ (79,94%), aquecimento central¹⁰² (6,29%), aquecimento solar (6,59%) e caldeiras (12,87%). Hotéis de médio e grande porte geralmente utilizam vapor na lavanderia, enquanto os hotéis de pequeno porte costumam fazer a lavagem a frio (CEMIG, 1996). Em pesquisa realizada pelo SEBRAE/RJ (LIMAVERDE, 1999), em mais de 600 unidades hoteleiras em todo o país, observou-se que, em cerca de 60% das unidades, o custo de energia elétrica representava entre 6 e 20% dos custos operacionais. Já a taxa de ocupação média dos hotéis situava-se entre 30% e 70% na maioria dos estabelecimentos analisados, variando em função da região e principalmente da

¹⁰¹ Usado principalmente em hotéis de pequeno porte.

¹⁰² Usado principalmente em hotéis de médio e grande porte.

característica (hotéis de turismo ou executivos). A energia elétrica é utilizada neste setor principalmente na refrigeração de alimentos, na iluminação, no condicionamento ambiental¹⁰³ e no aquecimento de água. A energia solar só era utilizada em cerca de 8% dos estabelecimentos. Os chuveiros elétricos estavam presentes em cerca de 60% dos hotéis e pousadas pesquisados, tendo utilização mais difundida em estabelecimentos mais simples e de pequeno porte. Os sistemas de aquecimento central estavam presentes normalmente em hotéis de médio e grande portes e eram compostos de *boilers* elétricos, a gás ou vapor, e aquecedores de passagem elétricos, a gás ou a vapor.

A tabela 24 apresenta um resumo dos dados obtidos nas três primeiras pesquisas citadas para o perfil de consumo de energia elétrica. Verifica-se que não há um perfil de consumo padrão. Os valores encontrados nas diferentes pesquisas diferem muito entre si.

Tabela 24 – Resumo do perfil de consumo de energia elétrica em hotéis

	Espírito Santo	Salvador	Minas Gerais	Média
Condicionamento de ar	25,0%	49,5%	23,8%	32,8%
Refrigeração	20,0%	25,5%	16,9%	20,8%
Iluminação	30,0%	18,0%	12,9%	20,3%
Outros	25,0%	7,0%	46,4%	26,1%

Nota: No estudo referente aos hotéis em MG, 39,5% do item “Outros” correspondem à utilização de energia elétrica para aquecimento de água (18,35% do total).

Fonte: Elaboração própria

Em diagnósticos energéticos realizados com a participação do PROCEL em alguns hotéis do Brasil, foram obtidos os seguintes resultados:

¹⁰³ O condicionamento ambiental tem participação de 10 a 30% no consumo global de energia elétrica dos hotéis e pousadas, dependendo do porte e do tipo de equipamento utilizado (LIMAVERDE, 1999).

Tabela 25 – Resumo dos diagnósticos energéticos - PROCEL

Local	Classif.	Área (m²)	Nº func.	Nº apart.	Cons. médio EE (MWh/mês)	Uso da EE	Indicadores de consumo
PR	5 estrelas	12.600	160	129	146,7 ⁽¹⁾	12% ilum. 40% cond. ar 48% outros	917,1 kWh/func 11,6 kWh/m².mês
PR	5 estrelas	19.000	160	208	175,0 ⁽²⁾	22% ilum 56% cond. Ar 22% outros	1.093,8 kWh/func 9,2 kWh/m².mês 841,4 kWh/UH
MG	N.D.	3.000	50	58	11,1	N.D.	3,7 kWh/m².mês 222,0 kWh/func 6,5 kWh/hospede 9,2 kWh/UH 0,7 kg GLP/hóspede 1,2 kg GLP/UH 24,0 kg GLP/func 0,4 kg GLP/m².mês
RJ	N.D.	3.300	N.D.	110	79,8	44% ar cond 36% ilum. 12% elevador 8% outros	N.D.

(1) Consumo estimado de EE no aquecimento: 34,2 MWh/mês (23,3% do consumo total)

(2) Consumo estimado de EE no aquecimento: 15,0 MWh/mês (8,6% do consumo total)

(3) N.D. = Não Disponível

Fontes: Filipini (2000); Cemig (1995); Datum Consultoria e Projetos Ltda (1999).

No setor hoteleiro, espera-se uma forte dependência entre o consumo específico de energia e o nível de conforto oferecido. Esta expectativa é comprovada a partir de uma extrapolação dos dados apresentados pelo Instituto Francês de Meio Ambiente (IFEN), conforme mostrado na tabela 26.

Tabela 26 – Consumo de energia¹⁰⁴ avaliado no setor hoteleiro francês

Nível de Conforto (estrelas)	Consumo Específico (kWh/m².ano)	Consumo Específico (kWh/m².mês)
1	157,0	13,1
2	229,0	19,1
3	305,0	25,4
4	380,0	31,7
5	455,0	37,9

Fonte: Renewable Energy Opportunities in the Tourism Industry (UNEP/2003) apud Instituto de Hospitalidade (2005)

Estes dados ainda precisam ser validados para o Brasil, mas segundo Azevedo (2001), um consumo médio de energia elétrica para um hotel brasileiro seria de 15,0 kWh/m².mês. Hotéis da Rede Accor seguem os padrões da tabela acima: os de uma

¹⁰⁴ Considera não só o consumo de energia elétrica, mas de outros combustíveis utilizados na geração de água quente.

estrela consomem 157,0 kWh/m².ano, os de duas estrelas, 229,0 kWh/m².ano e os de quatro estrelas, 380,0 kWh/m².ano¹⁰⁵.

Em estudo realizado por Karthik (2002) com 1.024 hotéis na Índia, os indicadores de consumo encontrados para hotéis cinco estrelas foram:

- 175 a 225 kWh/m².ano (valores de energia total, inferiores aos valores da tabela 27);
- 35 a 45 m³ de água/100 hóspedes.dia;
- 130 a 150 kWh de energia elétrica consumida por tonelada de roupa processada na lavanderia por dia;
- 12 a 15 m³ de água por tonelada de roupa processada na lavanderia por dia;
- 8 a 12 J por tonelada de comida feita por dia (excluindo-se vapor gerado por gás natural, GLP e carvão);
- 1,5 a 2,0 m³ de água por cada 100 pratos servidos por dia.

O estudo “*Energy Efficiency Opportunities in the hotel Industry Sector*” (COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2002) levantou dados de 50 hotéis australianos com o intuito de conseguir determinar indicadores de consumo de energia para este segmento. A partir da segmentação do universo estudado por categoria de hotel, chegou-se à conclusão de que os melhores índices a serem utilizados para estimar consumo de energia total em hotéis australianos são:

- Para hotéis de acomodação¹⁰⁶: 9.722 kWh/quarto e 208 kWh/m².ano.
- Para hotéis de negócios¹⁰⁷: 26.389 kWh/quarto e 292 kWh/m².ano.

Este estudo mostra também que, em hotéis americanos, cerca de 6% da eletricidade e 68% do gás natural consumidos destinavam-se ao aquecimento de água. Já em hotéis do Reino Unido, cerca de 20% da energia total consumida por hotéis destinava-se ao aquecimento de água.

Na pesquisa realizada por Deng e Burnett (2000) em 16 hotéis (3 de três estrelas, 4 de quatro estrelas e 9 de cinco estrelas) em Hong Kong, obteve-se um consumo de energia médio de 564 kWh/m².ano, distribuído em 32% ar condicionado, 12% iluminação, 5%

¹⁰⁵ Ver UNEP, 2003.

¹⁰⁶ Hotéis de negócios ou férias com o principal objetivo de fornecer alojamento. Restaurantes, bares e serviços de quarto ocupam uma pequena proporção da área total.

¹⁰⁷ Hotéis de negócios que oferecem acomodações de alto padrão e áreas significativas para entretenimento, restaurantes e outros serviços.

elevadores, 23% miscelânea (incluindo aquecimento de água); 28% destinava-se ao consumo de energia não elétrica, incluindo aquecimento de água a partir de gás e diesel. Na pesquisa, verificou-se um baixo impacto do nível de ocupação no consumo mensal de energia e um impacto significativo da variação da temperatura ambiente; não foi possível estabelecer uma correlação entre consumo de energia, ano de construção, categoria e área total do hotel.

A tabela 27 apresenta alguns índices de consumo relacionados na literatura internacional para diferentes países:

Tabela 27 – Consumo específico de energia em diferentes países			
	Consumo específico (kWh/m².ano)	Energéticos Consumidos	Uso Final da Energia
EUA ⁽¹⁾	401,0	40,9% EE 51,9% Gás	40,4% aquec. água 18,2% aquec. ambiental 17,8% iluminação
Ottawa (Canadá) ⁽²⁾	688,7	28,9% EE 26,4% Gás 44,7% Vapor	
Reino Unido ⁽³⁾	715,0	74,0% Gás	
Hong Kong ¹⁰⁸	257,8 ⁽⁴⁾ / 366,0 ⁽⁵⁾ / 564,0 ⁽⁶⁾		32,0% ar condicionado 12,0% iluminação 28,0% aquec. água 5,0% elevadores 26,0% outros
Grécia ⁽⁷⁾	273,0		72,4% aquecimento 9,0% iluminação 4,0% ar condicionado 14,6% outros
Suécia	100,0 – 200,0 ⁽⁸⁾		

Fontes:

- (1) Commercial Buildings Energy Consumption and Expenditures, 1995
- (2) Zmeureanu et al., 1991
- (3) Introduction to Energy Efficiency in Hotels, 1994
- (4) Chow e Chan, 1993
- (5) Lam, e Chan, 1994
- (6) Deng e Burnett, 2000
- (7) Santamouris et al., 1996
- (8) Noren, 1999

Bohdanowicz et al. (2001) apresenta em seu artigo “*Energy-Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism*”¹⁰⁹, uma tabela que compara

¹⁰⁸ Em 1995, 56% da energia total gerada no país destinava-se ao setor comercial. A cidade de Hong Kong está localizada em uma região subtropical, com um verão quente, longo e úmido (maio a outubro). O consumo de energia deve-se predominantemente a mecanismos de resfriamento e desumidificação; o aquecimento de ambientes é muito pouco usado (DENG e BURNETT, 2000). Ver também Bloyd et al., 1999.

¹⁰⁹ Ver também:

EU (1994) Rational Use of energy in the hotel sector, A Thermie Programme Action B-103;

diferentes indicadores de consumo, de acordo com o tipo de hotel, conforme mostrado abaixo:

Tabela 28 – Taxa de eficiência energética para diferentes tipos de hotéis

Taxa de Eficiência ⁽¹⁾	Boa	Regular	Fraca	Muito Fraca
A) Hotéis de grande porte (mais de 150 quartos), com ar condicionado, lavanderia e piscina coberta				
Eletricidade (kWh/m².ano)	< 165	165 – 200	200 – 250	> 250
Combustível (kWh/m².ano)	< 200	200 – 240	240 – 300	> 300
Total (kWh/m².ano)	< 365	365 – 440	440 – 550	> 550
Água Quente (kWh/m².ano)	< 220	230 – 280	280 – 320	> 320
B) Hotéis de médio porte (50 a 150 quartos), sem lavanderia, com aquecimento e condicionamento de ar em algumas áreas				
Eletricidade (kWh/m².ano)	< 70	70 – 90	90 – 120	> 120
Combustível (kWh/m².ano)	< 190	190 – 230	230 – 260	> 260
Total (kWh/m².ano)	< 260	260 – 320	320 – 380	> 380
Água Quente (kWh/m².ano)	< 160	160 – 185	185 – 220	> 220
C) Hotéis de pequeno porte (4 a 50 quartos), sem lavanderia, com aquecimento e condicionamento de ar em algumas áreas				
Eletricidade (kWh/m².ano)	< 60	60 – 80	80 – 100	> 100
Combustível (kWh/m².ano)	< 180	180 – 210	210 – 240	> 240
Total (kWh/m².ano)	< 240	240 – 290	290 – 340	> 340
Água Quente (kWh/m².ano)	< 120	120 – 140	140 – 160	> 160

(1) A taxa de eficiência é a razão entre consumo e área do hotel.

Fonte: Bohdanowicz et al., 2001

O mesmo artigo apresenta outra tabela com os dados de consumo de energia para um hotel três estrelas padrão¹¹⁰, localizado no Sul da Europa. Esta tabela, reproduzida a seguir, permite verificar a influência da existência de um restaurante e de ar condicionado no consumo de energia para um mesmo hotel. Verifica-se que a existência de restaurante no hotel aumenta o consumo total de energia em cerca de 21 a 22 kWh/m².

International Hotel and Restaurant Association, IHRA (1996) Into the new Millenium Executive Summary – A White Paper on the Global Hotel Industry;

Adelaar, M e Rath, A (1997) Energy efficiency and tourism: focus on the Caribbean – A discussion paper, Roundtable on energy efficiency – tourism sector, Kingston, Jamaica, Dezembro 9-11, 1997; Eaton Haughton, M. I. (1997) Plant E., Energy efficiency opportunities in Mexican hotels.

¹¹⁰ O hotel três estrelas considerado apresenta 120 quartos, em uma área total de 5.000 m², operando durante todo o ano, com 50.000 hóspedes por ano e três elevadores (BOHDANOWICZ et al., 2001)

Tabela 29 – Consumo de energia por uso final para um hotel 3 estrelas no Sul da Europa

	Com ar condicionado em todo o hotel	Com ar condicionado em todo o hotel	Com ar condicionado somente nas áreas comuns	Com ar condicionado somente nas áreas comuns
	Com restaurante, servindo 40.000 refeições por ano	Sem restaurante	Com restaurante, servindo 40.000 refeições por ano	Sem restaurante
Aquecimento	12,0 %	13,0 %	13,7 %	16,0 %
Ar condicionado	10,6 %	12,0 %	8,6 %	10,0 %
Iluminação	11,8 %	13,3 %	10,6 %	12,4 %
Aquecimento de Água	34,3 %	38,7 %	38,7 %	45,0 %
Diversos Equipamentos	19,5 %	22,0 %	14,0 %	16,3 %
Cozinha	12,5 %		14,1 %	
Total	171 kWh/m ²	150 kWh/m ²	150 kWh/m ²	128 kWh/m ²

Fonte: Bohdanowicz et al., 2001

3.4.1.2 Estrutura Tarifária

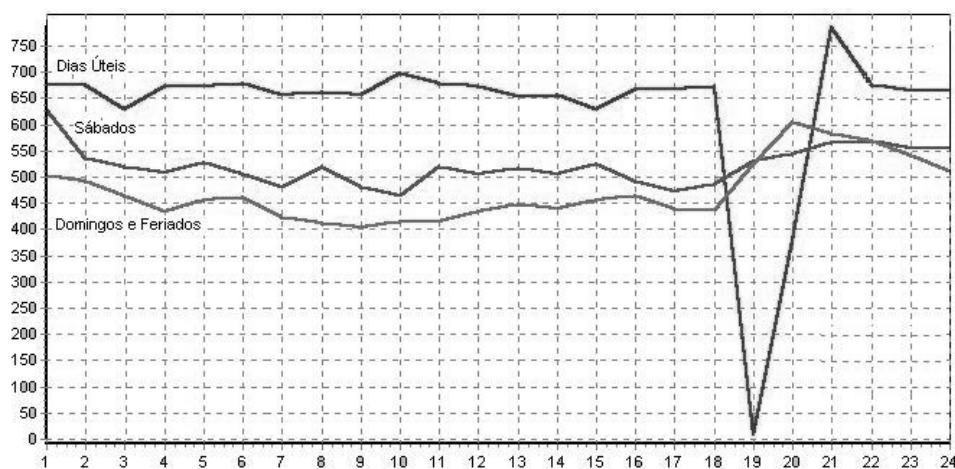
As empresas são classificadas pela ANEEL em:

- **Consumidores do Grupo B (Baixa Tensão):** Neste grupo estão os consumidores ligados em tensão inferior a 2.300V, onde a cobrança de energia é realizada sobre a parcela de energia consumida (consumo), dado em kWh, sendo seu faturamento monômio. Grande parte dos hotéis está enquadrada nesta tarifa;
- **Consumidores do Grupo A (Alta Tensão):** Neste grupo estão os consumidores ligados em tensão superior a 2.300V. Geralmente os hotéis de maior porte encontram-se neste grupo e são faturados pela composição das parcelas de demanda (kW) e consumo (kWh), sendo seu faturamento binômio. Dentro da estrutura deste grupo, existe a opção do sistema de Tarifa Horo-Sazonal (THS), porém o hotel ou pousada deve ter uma demanda contratada igual ou superior a 50 kW, podendo assim escolher entre as tarifas Azul ou Verde. A opção pela THS só será vantajosa, desde que o consumo de energia elétrica seja minimizado no horário de ponta. Entretanto, verifica-se que, exatamente no horário de ponta ocorre a intensificação do uso da eletricidade em função do funcionamento pleno da maioria dos meios de hospedagem, de tal forma que o enquadramento na THS pode gerar aumento de despesas com energia elétrica.

3.4.1.3 Curvas de carga típicas

A seguir, são apresentadas algumas curvas de carga que demonstram o perfil diário do consumo de energia elétrica em hotéis de diferentes portes.

1. **Foz do Iguaçu, Paraná:** São apresentadas as curvas de carga para o mesmo hotel nos meses de janeiro (verão) e julho (inverno). O gráfico do mês de janeiro (Figura 27) apresenta uma ausência de dado no horário de ponta (às 19 horas) durante os dias úteis, não permitindo garantir que o horário de maior consumo coincide com o horário de pico. Já no gráfico do mês de julho (Figura 28), observa-se claramente que o pico de consumo coincide com o horário de pico do sistema.

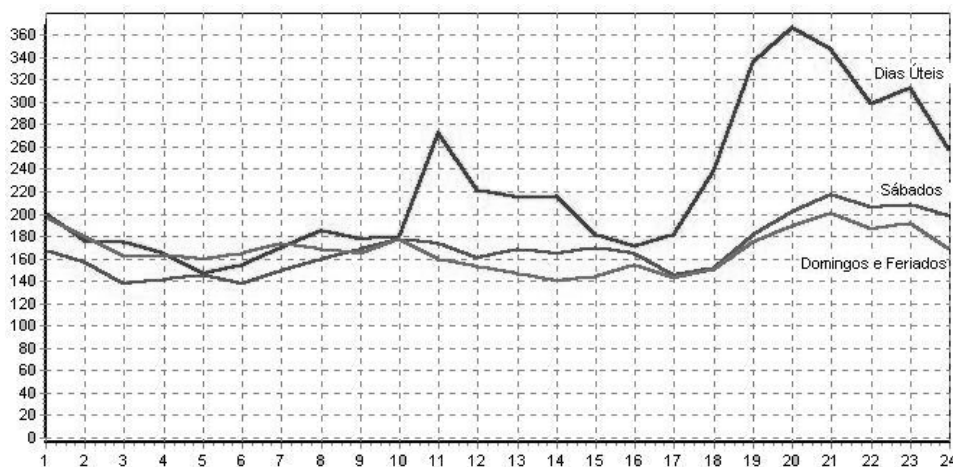


Nota: Máxima anual: 786 kW / Máx. mensal: 786 kW / Mínima mensal: 8 kW

A curva referente aos dias úteis não apresenta o valor de demanda relativo às 19:00h.

Fonte: Copel, 2003

Figura 27 – Curva de carga de hotel em Foz do Iguaçu em janeiro

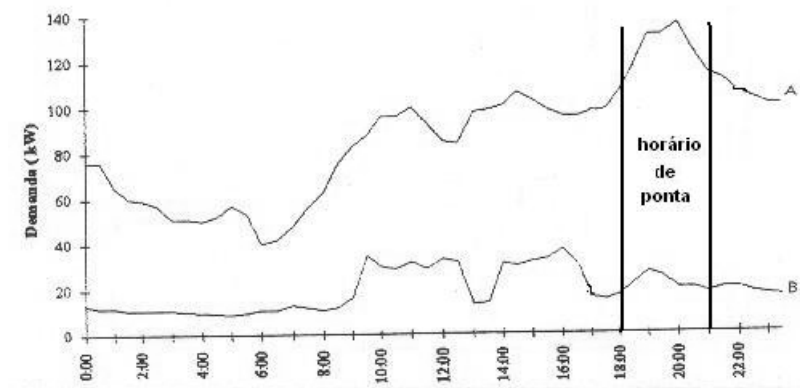


Nota: Máxima anual: 367 kW / Máx. mensal: 367 kW / Mínima mensal: 138 kW

Fonte: Copel, 2003

Figura 28 – Curva de carga de hotel em Foz do Iguaçu em julho

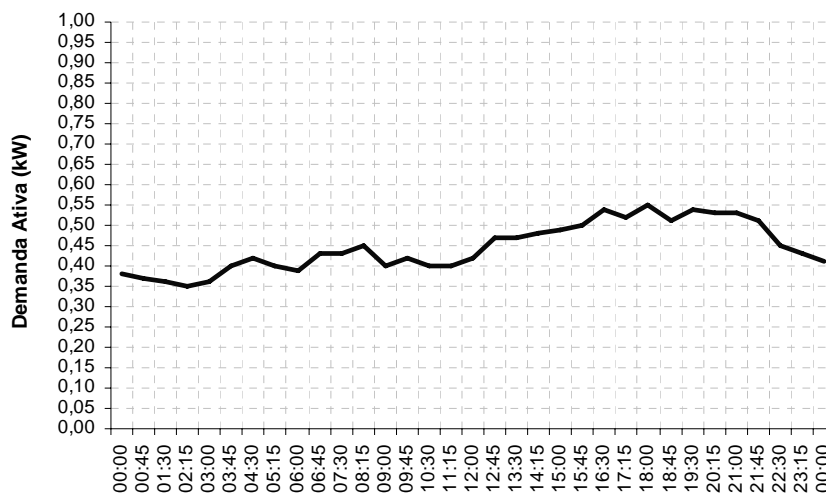
2. **Minas Gerais:** A figura 29 apresenta curvas de carga típicas para hotéis de diferentes portes. A curva referente ao hotel de grande porte (A) demonstra o maior nível de consumo durante o horário de pico; já a curva relativa ao hotel de médio porte (B) mostra que há um aumento no consumo durante o horário mais crítico para o sistema elétrico, mas este é inferior ao consumo que ocorre em outros períodos do dia.



Nota: A: Hotel de grande porte; B: Hotel de Médio Porte
Fonte: CEMIG, 1995

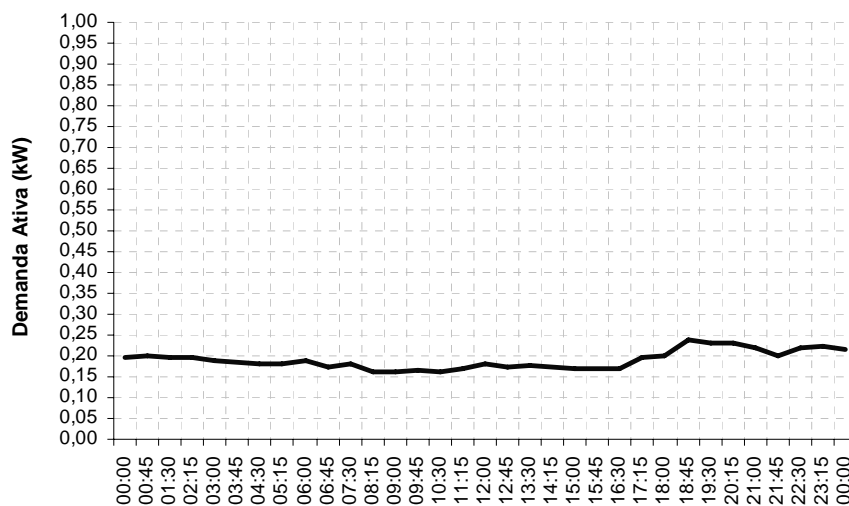
Figura 29 – Curva de carga diária típica de hotéis de Minas Gerais

3. **Pernambuco:** A figura 30 apresenta a curva de carga de um hotel de grande porte, onde se verifica um gradativo aumento do consumo de energia até as 19:00 horas, aproximadamente, demonstrando que o maior nível de consumo ocorre durante o horário de pico. Já a figura 31, referente a um hotel de porte médio, também mostra um aumento de consumo a partir das 17:00 h.



Fonte: CELPE, 06 de Outubro de 2005

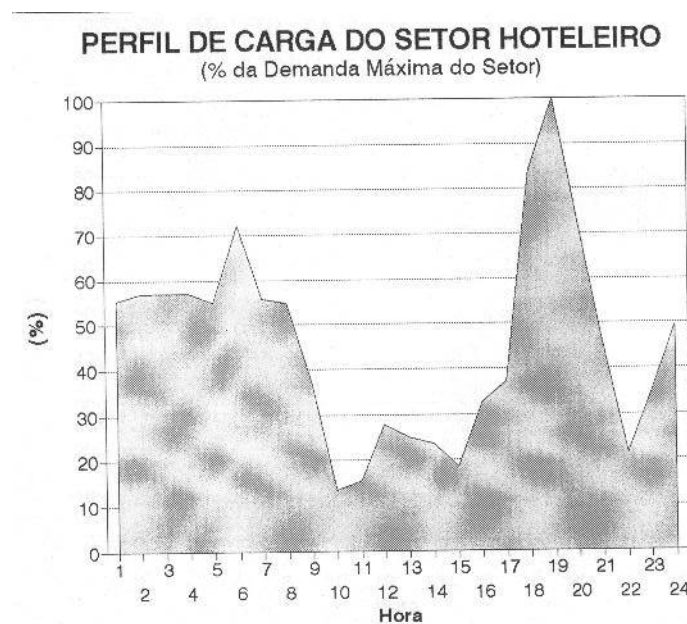
Figura 30 – Curva de carga diária de um hotel de grande porte em Pernambuco



Fonte: CELPE, 06 de Outubro de 2005

Figura 31 – Curva de carga diária de um hotel de médio porte em Pernambuco

4. **Bahia:** A figura 32 apresenta a curva de carga típica do setor hoteleiro, onde se verifica um pico na demanda entre 18:00 e 21:00 h.



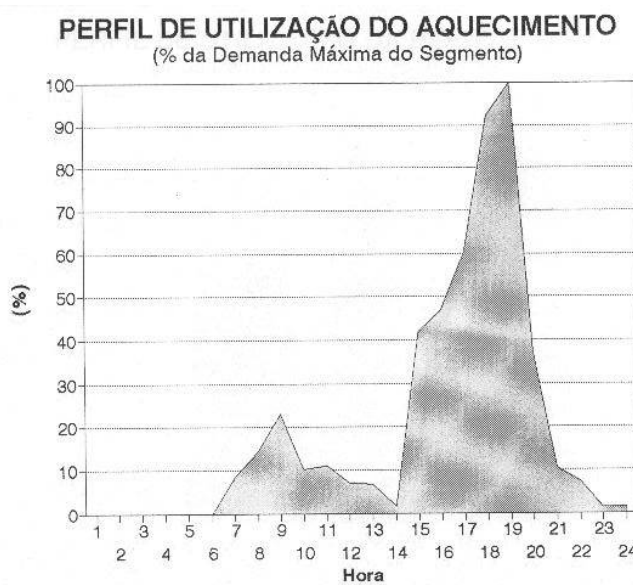
Fonte: Pesquisa de Hábitos de Consumo e Posse de Equipamentos na Rede Hoteleira de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália (1996)

Figura 32 – Curva de carga diária de um hotel na Bahia

3.4.2 Perfil de Consumo de Água Quente

A indústria hoteleira tem a característica de gerar e consumir grandes volumes de água quente¹¹¹ em diversos processos (banheiros, vestiários, lavanderias, cozinhas e restaurantes, piscinas e saunas e outros serviços especiais) para o atendimento aos hóspedes e respondem por importantes custos operacionais. Segundo a ABRAVA (INSTITUTO DE HOSPITALIDADE, 2005), o aquecimento de água corresponde a uma das maiores despesas operacionais em um meio de hospedagem, podendo representar de 5 a 15% do faturamento, mais de 20% do consumo total de energia elétrica e até 45% do consumo global de energéticos.

O gráfico abaixo mostra o perfil de demanda de energia elétrica para o aquecimento de água. Quando comparado à figura 32, percebe-se a forte participação do aquecimento de água no consumo de energia elétrica pelo setor hoteleiro no horário de pico.



Fonte: Pesquisa de Hábitos de Consumo e Posse de Equipamentos na Rede Hoteleira de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália (1996)

Figura 33 – Perfil de utilização de aquecimento em hotel na Bahia

¹¹¹ De acordo com Sezgen (1995), o aquecimento de água em hotéis norte-americanos corresponde a 35% do consumo total de combustíveis, enquanto que nos hospitais e restaurantes, este percentual é de 18% e 32%, respectivamente.

O consumo de água quente depende do diferencial de temperatura da água e da escala de operação do hotel durante o ano e o dimensionamento dos sistemas de abastecimento deve levar em consideração também a demanda máxima para este serviço durante o dia (SEZGEN, 1995).

A tabela 30 apresenta o consumo médio estimado de água quente, de acordo com a Norma Brasileira de Instalação Predial de Água Quente – NBR 7198/82 – ABNT.

Tabela 30 – Consumo médio estimado de água quente	
Uso final/Aplicação	Consumo estimado (litros/dia)
Alojamento provisório	24/pessoa
Casa popular ou rural	36/pessoa
Residência	45/pessoa
Apartamento	60/pessoa
Quartel	45/pessoa
Escola ou Internato	45/pessoa
Hotel (excluídas a cozinha e lavanderia)	36/hóspede¹¹²
Hospital	125/leito
Restaurante ou similar	12/refeição
Lavanderia	15/kg de roupa seca

Nota: No caso de apartamentos com central coletiva (caso de hotéis), deve-se considerar duas pessoas por dormitório, mais empregados, mais 150 litros por máquina de lavar roupas e mais 180 litros por banheira instalada.

Fonte: ABNT - NBR 7198/82

A tabela 31 apresenta o consumo de água quente em edifícios em função do número de aparelhos existentes.

Tabela 31 – Consumo de água quente a 60°C em edifícios, por aparelho		
Aparelhos	Hotéis (litros/h)	Apartamentos (litros/h)
Lavatório privado	2,6	2,6
Lavatório público	10,4	5,2
Banheiras	26,0	26,0
Lavador de pratos	65,0	19,5
Lava-pés	3,9	3,9
Pia de cozinha	26,0	13,0
Tanque de lavagem	36,4	26,0
Pia de copa	13,0	6,5
Chuveiros	97,5	97,5
Consumo máximo provável (% do CD)	25,0	30,0
Capacidade do reservatório (% do CD)	80,0	125,0

CD = Consumo diário

Fonte: BOHN, 2002

¹¹² No site do fabricante de aquecedores solares Solarsul (<http://www.solarsul.com.br/apresentacao.htm>), é apresentado um indicador de consumo de água quente para hotéis de 105 litros/leito e para motéis, de 800 litros/apartamento.

O aquecimento solar apresenta um enorme potencial de utilização no setor hoteleiro em todo o Brasil devido aos altos índices solarimétricos durante o ano inteiro e ao perfeito casamento entre os períodos de maior ocupação e maior demanda de energia (no verão). Para que o sistema solar de um hotel possa ser dimensionado, é preciso levantar todos os dados relativos ao consumo mensal de energia, convertendo o consumo de energia elétrica, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), gás natural, óleo combustível e outros, para a mesma unidade de medida. Para calcular o consumo específico e poder comparar o valor encontrado aos da tabela 27, divide-se o consumo total encontrado pela área construída do hotel. A ABRAVA contém em seu endereço eletrônico (www.dasolabrava.org.br/setorhoteleiro) exemplos de formulários que precisam ser preenchidos pelos meios de hospedagem de modo a permitir a análise da viabilidade técnica e econômica da implantação dos sistemas de aquecimento solar. Através dos dados levantados a partir destes formulários, deve-se criar indicadores de consumo de água quente por tipo ou classe de estabelecimento. A tabela 32 mostra alguns números válidos para a França e que precisam também ser validados no Brasil:

Tabela 32 – Consumo de água quente avaliado no setor hoteleiro francês

Tipo de Estabelecimento (estrelas)	Consumo Diário de Água Quente a 60°C por quarto (litros)
-	50
1	70
2 – 3	100 – 140
4 – 5	160

Fonte: ADEME – Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie (2002) apud Instituto de Hospitalidade (2005)

No endereço eletrônico da Agência Energia (<http://www.agenciaenergia.com.br>) há uma listagem de vários projetos para hotéis em diferentes estados, já implantados, em implantação ou ainda em estudo, desenvolvidos por fabricantes distintos de equipamentos solares. A partir dos dados apresentados de área coletora (m²), volume (litros) e local de implantação, obtiveram-se valores médios, por estado, da relação entre área coletora e volume de água necessário. Os resultados são apresentados na tabela 33.

Tabela 33 – Relação entre área coletora e volume de água

Estado	litro/m ²	m ² /100litros ¹¹³
AL	100,00	1,00
BA	94,35	1,06
ES	85,13	1,17
GO	97,22	1,03
MA	125,81	0,79
MG	97,42	1,03
PA	97,47	1,03
RJ	86,98	1,15
RN	107,40	0,93
SE	104,17	0,96
SP	78,25	1,28

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações disponíveis no site da Agência Energia (2005)

3.5 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS EM HOTÉIS

A seguir, são apresentados alguns projetos já implantados de sistemas de aquecimento solar em hotéis.

1. O **Victory Business Hotel**, situado em Minas Gerais conta com 144 apartamentos e possui um dos maiores sistemas de aquecimento solar instalado no Brasil, com capacidade de aquecer 30.000 litros de água por dia. O projeto é composto por 288 m² de área de coletores solares e sete reservatórios térmicos. No projeto foi incorporado o trocador de calor do *chiller* ao sistema auxiliar de aquecimento, que já contava com apoio elétrico e de aquecedores de passagem a gás. O sistema atende aos apartamentos, à lavanderia, ao restaurante, além de uma piscina de 24 m², perfazendo uma produção média mensal de energia de 21.000 kWh, que traduzem uma economia média anual de R\$ 120.000,00 (REVISTA SOLBRASIL, 2005).
2. Em **Porto Seguro**, mais de 250 hotéis e pousadas adotaram a energia solar como solução definitiva para o aquecimento de água. O uso da tecnologia solar na região foi incentivado pelo suprimento deficiente de energia elétrica, principalmente nos períodos de alta temporada nos quais ocorre uso intensivo do ar condicionado e registram-se os maiores índices de incidência solar; pela conscientização da preservação ambiental dos empresários, que optaram pelo uso da energia solar no

¹¹³ Estes resultados estão coerentes com os valores apresentados pelo fabricante Solarsul em seu site: <http://www.solarsul.com.br/apresentacao.htm>

lugar de combustíveis fósseis; e pela formação de uma cultura de massa, que permitiu a identificação do aquecimento solar como um bom investimento capaz de reduzir os custos operacionais, principalmente nos períodos de alta ocupação (INSTITUTO DE HOSPITALIDADE, 2005).

3. O **Hotel Alpino**, na região serrana de São Roque (SP), já tem uma experiência de 15 anos utilizando sistema solar para aquecimento de água para 40 dos 85 quartos oferecidos. Satisfeito com a economia e o conforto obtidos, o hotel está renovando seus equipamentos de modo a atender à totalidade da demanda. Como a região é muito fria, é necessário utilizar também um sistema de anticongelamento. O hotel está preocupado não só com a economia obtida no presente, mas também com a economia crescente que certamente terá no futuro, quando a tendência dos preços da energia elétrica será de aumento (REVISTA HOTEL NEWS Nº 327).
4. O **Hotel Meliá Maceió**, primeiro hotel da Rede espanhola Meliá no Brasil, está situado na capital de Alagoas. Possui padrão de luxo demonstrado através de suas instalações, sendo 110 suítes, 74 Standards e 20 Penthouse¹¹⁴. Desde 1997 funciona um sistema de aquecimento solar capaz de gerar por dia cerca de 10.000 litros de água quente a 55°C. Para aquecer este volume de água, foram instalados 140 m² de coletores solares, responsáveis pela captação da energia solar e sua transferência para a água (REVISTA SOLBRASIL, 2005).
5. O **Sea View Guest House**, no Sri Lanka, utiliza um sistema de aquecimento solar de água para 20 apartamentos, que consiste em três painéis coletores, de 2 m² cada, e um tanque de água em aço inoxidável de 450 litros. Este sistema utiliza o princípio da convecção natural e custou cerca de US\$ 1,500 (UNEP, 2003).
6. **Bay Point Hotel:** Localizado na Flórida, Estados Unidos, é um hotel cinco estrelas e utiliza um sistema de aquecimento solar com tubos a vácuo com 1440 tubos, projetado para fornecer 80% da água quente requerida pelos 520 quartos do complexo hoteleiro (THERMOMAX, 1997).
7. **Mellicha Danish Village Holiday Center:** Localizado em Ghadira (Malta), utiliza um sistema com tubos a vácuo com 990 tubos para aquecer a água da piscina olímpica do hotel e todas as áreas públicas e possui planos de expandir o sistema, para atender também a seus 150 bangalôs (THERMOMAX, 1997).

¹¹⁴ Apartamento tipo duplex com dois dormitórios, sala de estar e mini-piscina privativa.

8. **Best Western Inn – Kelowna:** É uma das maiores instalações solares do Canadá. A parte sul do complexo hoteleiro possui 100 painéis solares instalados e tem consciência de que esta atitude atrairá visitantes preocupados com questões ambientais. Com este sistema, é estimada a redução da emissão de 90 toneladas de gases do efeito estufa. O sistema é projetado para aquecer mais de 98% da água utilizada em uma piscina de 90.000 litros e 146 apartamentos durante os cinco meses do verão. No inverno este sistema pode suprir 80% da água quente¹¹⁵.
9. **Hotéis na Grécia:** Na Grécia há cerca de 100 hotéis utilizando sistemas centrais de energia solar, produzidos por quinze fabricantes diferentes para aquecimento de água para banho, piscinas e ar condicionado solar. A área total destes sistemas chega a 28.820 m² e o volume total dos reservatórios é de 1,2 milhões de litros. O tamanho dos sistemas varia de 20 m² (Tsangarakis Hotel, Creta) a 2783 m² (Cretan Village, Creta), sendo de 257 m² o tamanho médio por hotel. Estes hotéis estão dispostos geograficamente da seguinte forma: 41.40 % em Creta, apenas 2.10% no Norte da Grécia, e os outros 56.5% (15.285 m²) estão dispersos no resto do país. Os sistemas com termo-sifão ocupam uma área de aproximadamente 35.000 m². Os dez maiores projetos solares em hotéis na Grécia representam 30% da área total instalada. Um aumento substancial de instalações solares em unidades hoteleiras ocorreu entre os anos de 1989 e 2000, devido principalmente a programas de incentivo (SPA e OPE). (KARAGIORGAS et al., 2004)

¹¹⁵ Informações retiradas do site do próprio hotel <<http://www.bestwesterninnkelowna.com>>. Acesso em Fev. 2006.

4 ESTUDO DE CASO: RESORTS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

4.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA

A partir dos dados apresentados neste trabalho, verificou-se que, de acordo com o Guia Quatro Rodas (2006), a maior parcela dos hotéis encontra-se na categoria simples. Estes hotéis, no entanto, são de pequeno porte, oferecem poucos serviços aos clientes e são administrados principalmente pelos proprietários e seus familiares, que geralmente, possuem poucos recursos para a realização de novos investimentos. Este tipo de hotel geralmente utiliza o chuveiro elétrico como forma de aquecer a água para banho, principalmente no horário de ponta e a tarifa de energia elétrica é a convencional. A substituição dos chuveiros elétricos nos hotéis desta categoria, poderia proporcionar vantagens para os consumidores e concessionárias de energia elétrica, mas como a tarifa não é diferenciada no horário de ponta, o estímulo para que o proprietário do hotel faça um novo investimento, relativamente alto, é pequeno.

Já os hotéis de médio e grande portes, classificados em médio conforto, confortável, muito confortável e luxo, geralmente oferecem serviços diversificados para seus hóspedes, tais como, academias de ginástica, acesso à internet, aquecimento central de água e piscinas e por isso, consomem mais energia elétrica. Estes hotéis geralmente são administrados por grandes cadeias hoteleiras, nacionais e internacionais, que vêm adotando como principal estratégia a expansão de seus negócios no país, conforme será visto mais adiante. Dependendo do porte do hotel ele tem a opção de escolher a tarifa horo-sazonal (demanda superior a 50kW), onde se paga mais caro no horário de ponta. De acordo com o que foi visto anteriormente, os hotéis de médio e grande portes, geralmente utilizam o sistema de aquecimento central de água, ou seja, utilizam *boilers* elétricos ou a gás. O consumo do *boiler* elétrico não impacta tanto na demanda no horário de ponta, uma vez que o aquecimento através das resistências elétricas é feito durante todo o dia e por isso, a tarifa horo-sazonal pode ser atrativa. Portanto, acredita-se que para a concessionária, a substituição do sistema de acumulação elétrico pelo sistema solar, poderá trazer benefícios, mas inferiores aos obtidos caso os equipamentos utilizados fossem os chuveiros elétricos. O caso de hotéis que pagam pela tarifa horo-sazonal é o mais interessante de ser analisado, pois a utilização de sistemas de

aquecimento solar poderia reduzir o consumo de energia elétrica, não só no horário de ponta, como também fora de ponta, proporcionando maiores economias na conta de energia elétrica do hotel e colaborando com a concessionária no sentido de reduzir o pico de consumo do sistema, melhorando o fator de carga, postergando os investimentos em novas unidades geradoras e permitindo o melhor planejamento da expansão do sistema e o deslocamento de uma boa quantidade de energia elétrica para outros consumidores.

Neste sentido, uma categoria de hotéis que se encaixaria neste perfil seria a de *resorts*, hotéis voltados principalmente ao turismo de lazer, mas que vêm buscando alternativas para atrair também os turistas de negócios como forma de melhorar a taxa de ocupação anual dos empreendimentos.

Há *resorts* em todo o Brasil, mas conforme será visto mais adiante, a concentração ocorre no Nordeste brasileiro, devido principalmente às suas características climáticas (grau de insolação e índices de radiação solar) e aos grandes investimentos em infraestrutura que estão sendo realizados pelo Governo Federal na região. Conforme visto no capítulo 3.1, de acordo com Amazonas e Goldner (2004), espera-se que a indústria hoteleira sofra uma expansão e um deslocamento para o Nordeste brasileiro, com grandes investimentos na construção de *resorts*, principalmente no litoral da Bahia e de Pernambuco. Este tipo de hotel apresenta forte apelo ecológico, o que permitiria a penetração dos sistemas de aquecimento solar com maior facilidade.

Os hotéis que utilizam *boilers* elétricos precisam necessariamente ter tubulações diferentes; e, por isso, serão considerados como alvo do presente estudo apenas os *resorts* existentes com menos de 10 anos de construção e aqueles que ainda serão inaugurados no Nordeste brasileiro.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESORTS

Segundo Gorini e Mendes (2005), verificou-se nos últimos anos um grande crescimento do número de hotéis classificados como *resorts*, que oferecem opções de lazer, estão situados fora dos centros urbanos, em locais que tenham alguma forma de atrativo natural, e são autocontidos, isto é, proporcionam aos hóspedes, serviços diversificados, de modo a estimulá-los a permanecer no hotel grande parte do tempo.

Os *resorts* destino¹¹⁶ são normalmente afiliados a redes hoteleiras, sendo relativamente raros nessa atividade, os estabelecimentos independentes. Este tipo de empreendimento tende a ser cada vez mais internacionalizado e é mais intensivo em capital do que os hotéis convencionais, já que a oferta de atrações diversificadas ao hóspede, exige gastos mais elevados em construção civil e em instalações, bem como em reformas posteriores. Uma forma muito utilizada de compensar o longo prazo de maturação do investimento é associar o *resort* a empreendimentos imobiliários, como a construção de complexos residenciais vizinhos. Assim, a valorização imobiliária e a possibilidade de acesso dos vizinhos aos serviços proporcionados pelo *resort*, contribuem para melhorar o retorno do empreendimento hoteleiro propriamente dito (ROSA e TAVARES, 2002).

De acordo com Coriolano (1998) apud Pesquisa Raio X da Hotelaria Brasileira (AMAZONAS e GOLDNER, 2004), entre as principais redes internacionais em operação no Brasil, mais de 60% das ações estratégicas adotadas para atingirem seus objetivos principais (lucros e dividendos) concentram-se na expansão, evidenciando-se uma necessidade de maior participação no mercado. Outro ponto interessante abordado na pesquisa é que as estratégias da indústria hoteleira concentram-se basicamente em custos e qualidade. Os hotéis voltados principalmente a negócios, baseiam-se em sua maioria, na estratégia de custos, ou seja, em um direcionamento de preços¹¹⁷. Já os chamados *resorts* e *eco-resorts*, focam na estratégia de qualidade, que inclui a gestão ambiental. Alguns *resorts*, como o Praia do Forte Ecoresort e o Hotel Transamérica Comandatuba, no Nordeste, já estão buscando a certificação ISO 14000, visando o aumento de visibilidade, vantagem competitiva e desenvolvimento sustentado. A busca pela certificação ISO 14000 (Gestão Ambiental) e SA 8000 (Responsabilidade Social) devem ser tendências para os *resorts* que buscam o turista estrangeiro¹¹⁸.

Ainda de acordo com esta pesquisa, pode-se vislumbrar a possibilidade de formação de *clusters*¹¹⁹ de turismo na região Nordeste. Até 2007, estima-se na expansão de *resorts*, um acréscimo de 5.800 unidades habitacionais em relação a 2004, sendo o Nordeste

¹¹⁶ Representam o próprio destino do turista e normalmente oferecem uma gama mais ampla de serviços e atividades recreativas, o que faz com que se concentrem nas faixas média e superior do mercado e pratiquem diárias mais altas que as da hotelaria convencional (GORINI e MENDES, 2005).

¹¹⁷ Isto é, os benefícios oferecidos ao cliente devem ser por eles reconhecidos e os valores recebidos por tais serviços devem atender às necessidades de rentabilidade do hotel (Raio X DA HOTELARIA BRASILEIRA, 2004)

¹¹⁸ Na Índia, vários hotéis já implementaram a ISO 14001, traduzindo a preocupação do setor com a Gestão Ambiental. Ver Karthik, 2002.

¹¹⁹ *Clusters* são concentrações geográficas de empresas de um determinado setor de atividade e organizações correlatas, de fornecedores de insumos a instituições de ensino e clientes (PORTER, 2003).

brasileiro, o principal foco do investimento. Ações poderão ser tomadas no sentido de atrair, além dos turistas a lazer, os turistas de negócios, de forma a enfrentar, com menos sobressaltos, os efeitos da sazonalidade nas taxas de ocupação.

O FOHB estima que hoje existam cerca de 50 *resorts* no Brasil, em sua maioria no Nordeste. A Associação Brasileira de *Resorts* (ABR) atualmente conta com 31 associados¹²⁰. No endereço eletrônico de uma agência de viagens (<http://www.travelweb.com.br/resorts/resorts>) constam 51 *resorts* distribuídos por todas as regiões do Brasil.

Foram avaliados no Guia Quatro Rodas (2006) trinta e seis hotéis do tipo *resort* no Brasil, distribuídos pelas diversas regiões do Brasil, de acordo com a tabela 34:

Tabela 34 – Dados sobre <i>resorts</i> no Brasil				
Regiões	Nº de <i>resorts</i>		UH	
N	1	2,8%	594	7,0%
NE	17	47,2%	3.929	46,3%
CO	2	5,5%	379	4,5%
SE	10	27,8%	1.888	22,2%
S	6	16,7%	1.696	20,0%
Total	36	100%	8.486	100%

UH = Unidades Habitacionais

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do Guia Quatro Rodas 2006

Percebe-se claramente a concentração dos *resorts* na região Nordeste do país, ou seja, hotéis de praia, localizados na Bahia (65%), Pernambuco (18%), Alagoas (6%) e Ceará (12%). De acordo com a classificação adotada pela publicação, 72% dos *resorts* avaliados encontram-se na categoria muito confortável e 25% na categoria confortável, sendo que 82% daqueles localizados no Nordeste encontram-se na categoria muito confortável. Cerca de 42% do total dos *resorts* têm menos de 10 anos de construção; no Nordeste, este percentual sobe para 59%. Pelo menos 70,5% dos *resorts* possuem salas para convenções que comportem até 850 pessoas. Nenhum dos *resorts* localizados na região Nordeste possui piscina aquecida. Para garantir a rentabilidade, mesmo oferecendo uma série de serviços aos hóspedes (esportes aquáticos, sauna, piscinas, *spas*, ar condicionado, restaurantes, recreação, etc), estes hotéis apresentam diárias consideradas altas (R\$ 556,69 na baixa temporada e R\$ 855,92 na alta temporada), o que restringe o tipo de hóspede atendido (GUIA QUATRO RODAS, 2006). Com este

¹²⁰ Ver Resorts Brasil (2006), no endereço eletrônico <http://www.resortsbrasil.com.br>

valor de diária, os *resorts* se encaixariam na categoria A¹²¹, da pesquisa Raio X da Indústria Hoteleira (2004), que lista 24 hotéis e 5.859 unidades habitacionais pertencentes a redes hoteleiras na região Nordeste.

Das redes hoteleiras, nacionais e internacionais, que já possuem investimentos no Brasil em *resorts*, podem ser citadas a Blue Tree, Transamérica Hotéis, Portobello (nacionais)¹²² e SuperClubs, Accor, Pestana, Club Med, Marriot e Vila Galé¹²³ (internacionais)¹²⁴.

Um maior desenvolvimento de *resorts* no Brasil depende de um tráfego aéreo mais intenso, diversificado e competitivo. No Brasil, todos os aeroportos internacionais estão localizados junto aos grandes centros urbanos¹²⁵, o que exige novas conexões, ou mesmo o traslado por via terrestre, dos turistas eventualmente direcionados aos *resorts*. Mesmo aeroportos voltados para o atendimento a empreendimentos turísticos, como o de Comandatuba, na Bahia, recebem vôos domésticos¹²⁶. Em um mercado competitivo, em que os turistas dispõem de um número limitado de dias para férias, a disponibilidade de vôos diretos, a partir dos centros emissores de turistas, é um fator competitivo muito importante.

De acordo com a HIA e o FOHB, a tendência para os próximos anos é de aumento do número de *resorts* no Nordeste e do nível de investimento estrangeiro, principalmente de Portugal¹²⁷, Espanha e Itália.

Além de concentrar a maioria dos *resorts* existentes, o Nordeste é geralmente considerada a região brasileira com maior potencial para o turismo de lazer, tanto

¹²¹ Ver Capítulo 3.2.

¹²² De acordo com a pesquisa Raio X da Indústria Hoteleira (2004), até 2007 a previsão é de que as redes Blue Tree e a Portobello invistam em mais 2 estabelecimentos cada uma, com mais 350 e 570 UHs, respectivamente.

¹²³ Segundo reportagem de Schapochnik, na Hotelier News (2006), existe a previsão de inauguração do Vila Galé Marés, na Bahia, ainda em 2006, com 200 mil m² e 450 UHs. De acordo com a reportagem, a rede possui também o projeto para fazer o Vila Galé Cumbuco, no Ceará.

¹²⁴ De acordo com a pesquisa Raio X da Indústria Hoteleira (2004), até 2007 a previsão é de que as redes SuperClubs, Vila Galé e Pestana invistam em mais 1 estabelecimento cada uma, com mais 402, 516 e 177 UHs, respectivamente. A rede Marriot espera inaugurar mais dois estabelecimentos, representando mais 373 UHs. A maior expectativa gerada refere-se aos planos da rede Accor – mais 51 estabelecimentos até 2007, aumentando a oferta em 8.232 unidades habitacionais.

¹²⁵ O Aeroporto Internacional de Maceió permite vôos diretos a Londres, Roma ou Cairo, sem conexões ou escalas; a Secretaria Extraordinária de Turismo do Maranhão tem trabalhado para atrair vôos fretados da Europa, Portugal, Itália, Espanha e Alemanha; o Aeroporto de Pernambuco permite autonomia de vôo que abrange América do Sul, Central, África, além de partes da Europa, Estados Unidos e Canadá; o Aeroporto de Aracaju recebe vôos *charters* do Uruguai nos meses de janeiro e fevereiro; e o Aeroporto do Rio Grande do Norte recebe vôos da Escandinávia (INFRAERO, 2006).

¹²⁶ INFRAERO, 2006.

¹²⁷ A TAP – empresa aérea de Portugal – oferece 40 vôos semanais regulares, além de vôos *charters*, ligando Portugal diretamente às capitais do Nordeste brasileiro (Departamento de Aviação Civil, 2004).

interno quanto externo. Os dados disponíveis¹²⁸ mostram que as cidades do Nordeste ocupam a 3ª, 4ª e 5ª posições no ranking das cidades brasileiras mais visitadas pelo turista estrangeiro em 2003; o principal destino ainda é a cidade do Rio de Janeiro. A parcela da região na oferta nacional de meios de hospedagem, segundo a Embratur (2005) é de 22%. De acordo com Tavares e Rosa (2002), parte expressiva do turismo do Nordeste, por outro lado, decorre de viagens realizadas dentro da região, pelos próprios nordestinos. Dos hóspedes de *resorts* em 2002, 87,4% eram brasileiros e 12,6% estrangeiros, sendo a taxa de ocupação média de 49% (EMBRATUR, 2003).

O maior número de *resorts* no Nordeste foi estimulado em parte pelas ações do Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (Prodetur/NE), que buscou atenuar as deficiências em infra-estrutura da região. O objetivo do Prodetur, realizado através de uma parceria entre o Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), é o desenvolvimento sustentável da atividade turística na região Nordeste, de forma planejada e sistêmica, geração de emprego e renda e melhoria da qualidade de vida da população local. Em sua primeira fase (1994), o Prodetur/NE investiu o montante liberado para este fim (US\$670 bilhões), da seguinte maneira: 34% em aeroportos, 12% em transportes, 24% em saneamento básico, 5% em recuperação do patrimônio histórico, 4% em estruturação, modernização e capacitação, 3% em preservação e proteção ambiental e 18% em outros fins. Bahia e Ceará foram os estados que receberam as maiores parcelas de investimento (35,5% e 21,4%, respectivamente)¹²⁹.

O Plano Nacional do Turismo 2003-2007, do Ministério do Turismo (2003) determina como metas de Governo para o setor de turismo para o período em questão, criar condições para gerar 1,2 milhões de novos empregos e ocupações; aumentar para 9 milhões o número de turistas estrangeiros no Brasil; gerar US\$ 8 bilhões em divisas; aumentar para 65 milhões a chegada de passageiros nos vôos domésticos e ampliar a oferta turística brasileira, desenvolvendo no mínimo três produtos de qualidade em cada Estado da Federação e Distrito Federal.

Para conseguir atingir as metas estipuladas, desde 2003, a Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO) vem realizando obras de modernização em diversos aeroportos do Brasil, em todas as regiões. Mais de 19 grandes obras foram entregues em 15 aeroportos e várias outras estão em andamento. Na região Nordeste,

¹²⁸ Embratur, 2005.

¹²⁹ Ver site do BNB em <http://www.bnb.gov.br/Content/aplicacao/prodetur>

está em construção um novo aeroporto em Natal e o Aeroporto Internacional de João Pessoa passa por ampliação. Obras em outros estados da região foram concluídas. O terminal de passageiros e a pista do Aeroporto de Petrolina, em Pernambuco, foram ampliados. Recife ganhou um novo aeroporto, com capacidade para cinco milhões de passageiros por ano. Maceió também tem um novo aeroporto desde o final de 2005, com 22 mil m², quase o triplo da antiga estação. O Aeroporto de Campina Grande, na Paraíba, foi ampliado. Além disso, o Aeroporto de São Luís (Maranhão) passou a ser internacional, após investimentos da Infraero para adequação da estrutura aos padrões de aeroporto internacional.

4.3 INDICADORES DE CONSUMO

Como visto em capítulos anteriores, não há um valor único que represente o consumo de energia elétrica em hotéis; os valores encontrados em diversas publicações, em diferentes países são muito diferentes. Espera-se que o consumo de energia elétrica em um *resort* seja bastante alto devido ao grande número de apartamentos existentes e à grande variedade de serviços prestados aos hóspedes; além disso, pela característica autocontida, a tendência é que os hóspedes permaneçam o dia inteiro no hotel. De acordo com a EMBRATUR (2003), os gastos com energia¹³⁰ representavam em 2002, 17,3% das despesas operacionais dos *resorts*. O consumo de energia elétrica para aquecimento de água para banho provavelmente varia em um mesmo *resort* de acordo com a época do ano, isto é, no verão, os hóspedes, na grande maioria buscando lazer, tomam banho com frequência diferente do inverno, onde o público-alvo passa a ser o de executivos, que saem pela manhã de seus quartos para suas reuniões de trabalho e só retornam no final da tarde.

Com o intuito de se determinar indicadores de consumo de energia e água aplicáveis aos *resorts* brasileiros, buscou-se a comparação com alguns dados internacionais. A tabela 35 apresenta dados de alguns dos *resorts* da Austrália¹³¹ (possui um clima similar ao do

¹³⁰ Não é especificado se este valor equivale apenas ao consumo de energia elétrica ou de todos os combustíveis utilizados.

¹³¹ O setor comercial na Austrália representa 6% do consumo total de energia no país, sendo que os hotéis representam 0,5% do consumo total. A taxa de ocupação média é de 60% e os principais energéticos utilizados neste setor são a eletricidade (66% do consumo em hotéis) e gás natural (25%) (COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2002).

Brasil)¹³², avaliados na pesquisa “*Energy Efficiency Opportunities in the Hotel Industry Sector*” (COMMONWEALTH OF AUSTRÁLIA, 2002).

Tabela 35 – Dados sobre resorts na Austrália

Indicadores	Resort 1	Resort 2	Resort 3	Resort 4
m²/quarto	40	58	78	108
Refeições/quarto ocupado	1,2	2,0	3,8	3,8
Energia total consumida (MWh/ano)	5.250	9.167	23.750	13.500
Área do hotel (m²)	14.000	14.000	17.000	31.000
Nº de quartos	315	240	220	300
kWh/m².ano	388,9	694,4	1.416,7	416,7
kWh/quarto.ano	15.277,8	40.277,8	109.722,2	44.444,4
Taxa de ocupação média (%)	66	82		64
Consumo de água (litros/quarto)¹³³	115.000	520.000		540.000
Energéticos utilizados	Eletricidade, gás	Diesel, eletricidade e gás	Eletricidade, gás	Eletricidade, gás

Fonte: Commonwealth of Australia, 2002

Percebe-se que, dentro de um mesmo país, os indicadores de consumo de água quente e energia podem variar bastante, dificultando o estabelecimento de um número padrão, que possa vir a ser utilizado para estimar o consumo de hotéis com características físicas semelhantes.

4.4 CASO ESPECÍFICO A SER ABORDADO

A partir das informações apresentadas no decorrer deste trabalho, decidiu-se por avaliar um *resort* com determinadas características que representem o setor na região Nordeste do Brasil:

¹³² De acordo com Carlo et al., 2003.

¹³³ Nesta pesquisa, foi mencionada a quantidade de roupa processada na lavanderia para dois *resorts*: 200.000 kg em um *resort* com 221 quartos e 900.000 kg para um *resort* de 293 quartos (COMMONWEALTH OF AUSTRÁLIA, 2002). Verifica-se que a relação kg/quarto dos dois estabelecimentos é bastante distinta; um dos motivos pode ser a rotina de troca de roupas de cama e banho.

Localização: *Bahia*

Energético utilizado para aquecimento de água para banho e restaurantes: *Energia Elétrica*

Tipo de tarifa de Energia Elétrica: *A4 Verde*

Tipo de equipamento utilizado para aquecimento de água: *Boiler elétrico*

Com restaurantes? *Sim*

Com piscina aquecida? *Não*

Tempo de construção: *< 10 anos*

Taxa de ocupação: *50%*

Pertencente a uma rede hoteleira? *Sim*

Estes parâmetros foram utilizados com base nas seguintes justificativas:

- A Bahia é o estado que mais possui *resorts* no Nordeste;
- A primeira avaliação será feita utilizando-se a energia elétrica como energético utilizado atualmente para aquecimento de água para banho e para os restaurantes, mas posteriormente será feita uma simulação para o caso de o energético utilizado ser o gás liquefeito do petróleo (GLP). Não será considerada a utilização do gás natural, visto que, frente a indagações feitas às companhias¹³⁴ de gás do Nordeste, seus técnicos responderam que o gás natural ainda não estava sendo utilizado no setor hoteleiro¹³⁵;
- Com base no tipo de tarifa paga por um *resort* de Alagoas, decidiu-se por utilizar a Tarifa Verde como a mais utilizada;
- Um *resort* poderia ser considerado como um hotel de grande porte e, de acordo com o que foi mencionado ao longo deste trabalho, este tipo de hotel utiliza sistema de aquecimento por acumulação;
- Com toda a infra-estrutura de um *resort*, certamente ele terá restaurantes que poderão servir refeições durante o café da manhã, almoço e jantar;

¹³⁴ As consultas foram respondidas pela Bahiagás (BA), Cegas (CE) e Potigás (RN).

¹³⁵ Os *resorts* geralmente encontram-se situados fora dos centros urbanos e, por isso, talvez não seja interessante para a distribuidora de gás natural expandir sua rede de distribuição até lá e atender a um único cliente apenas, o que dependerá também do consumo previsto de gás natural para o estabelecimento. Por outro lado, se considerarmos o estado de Pernambuco, onde existe o Porto de Suape e à sua volta podem ser instaladas diversas indústrias consumidoras de gás natural, pode ser viável para a concessionária fazer um ramal que atenda a estas indústrias e aos *resorts* localizados na área litorânea próxima.

- Foi considerado que este *resort* não terá piscina aquecida, uma vez que a presença da mesma não foi verificada na Região Nordeste, conforme informações do Guia Quatro Rodas (2006)¹³⁶;
- Pelos motivos explicados no item 4.2, serão considerados apenas os hotéis com menos de 10 anos de construção e os que vierem a ser inaugurados;
- 82% dos *resorts* localizados no Nordeste foram classificados como muito confortáveis pelo Guia Quatro Rodas (2006). Esta categoria poderia ser equiparada àquela definida como superior pelos critérios da Embratur. A partir dos dados apresentados na figura 23, verifica-se que uma taxa de 50% para esta categoria é bastante razoável;
- *Resorts* geralmente são administrados pelas grandes redes hoteleiras, de acordo com Gorini e Mendes (2005);
- Não será considerado o consumo de água quente destinada ao uso em lavanderia e em outros tipos de serviços; será considerada apenas a água quente destinada ao banho e à utilização em restaurantes.

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

Conforme o capítulo 2.4.1.1, as principais barreiras técnicas à implantação dos sistemas solares são a ausência de tubulações separadas para águas quente e fria, sombras e má instalação dos equipamentos. No caso dos *resorts*, a barreira referente às tubulações praticamente não existe, pois estes estabelecimentos já necessitam de tubulações separadas, uma vez que utilizam sistemas de aquecimento por acumulação. A obrigatoriedade quanto a este item, no entanto, poderia ser feita através da alteração do código de construção civil e então, teríamos a certeza de que os novos empreendimentos também não apresentariam esta barreira. Em *resorts* já construídos, os telhados podem não ter nem a inclinação nem a orientação desejadas para a configuração de maior eficiência, mas isso não significa um impedimento; apenas mais coletores serão necessários para que a mesma demanda seja atendida. Uma vez que os *resorts* têm uma disposição horizontal, a área necessária para a instalação dos coletores também não seria um grande problema.

¹³⁶ O fato de o Guia Quatro Rodas (2006) não citar a existência de piscina aquecida nos *resorts* avaliados no Nordeste não garante que naqueles não avaliados pela publicação isso também ocorra.

De acordo com entrevista realizada com a Heliotek, empresa fabricante de sistemas solares, em fevereiro de 2006 (comunicação pessoal), a capacidade de produção das empresas fabricantes está subutilizada e um possível aumento no número de coletores instalados neste setor poderia ser atendido sem problemas, através do aumento do número de turnos de funcionamento¹³⁷.

Portanto, pode-se estimar um potencial técnico referente aos empreendimentos atuais, com menos de dez anos de construção (pois já devem possuir a instalação hidráulica apropriada) e àqueles que ainda serão inaugurados.

4.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A decisão sobre a utilização de aquecedores solares deve envolver não só os componentes financeiros, como também os não financeiros. No caso deste último, deve ser considerada a ameaça de racionamento de energia elétrica nos períodos de maior estiagem. Deve-se considerar também o risco de corte de energia em determinadas horas do dia. Como estes itens são difíceis de serem quantificados, será realizada a análise de viabilidade apenas do ponto de vista financeiro, ou seja, qual será a economia de um *resort*, caso opte por substituir o sistema convencional de aquecimento de água pelo sistema solar.

A partir da configuração básica definida no capítulo 4.4, algumas premissas foram adotadas para que uma análise de viabilidade pudesse ser realizada:

Telhados voltados para o Norte Geográfico

Consumo diário de água quente (litros/dia) ¹³⁸	28.800
Investimento inicial (R\$) ¹³⁹	150.386,70

¹³⁷ A Heliotek Máquinas e Equipamentos Ltda possui atualmente 62% do mercado de aquecedores solares e 82% do mercado de aquecedores para piscinas (Jamil Hussni, fevereiro de 2006, comunicação pessoal).

¹³⁸ Para calcular o consumo diário de água quente para o caso base foram consideradas as seguintes premissas: 200 quartos; taxa de ocupação média de 50%; 2 hóspedes por quarto; 1 banho por hóspede por dia; vazão do chuveiro igual a 7,2 l/min; 15 minutos por cada banho; temperatura do reservatório igual a 45°C; 3 refeições servidas por pessoa por dia (café da manhã, almoço e jantar); consumo de água quente por refeição igual a 12 l/refeição. Ver Apêndice A.

¹³⁹ No caso de *resorts* que já possuem *boilers* elétricos, estes poderiam ser aproveitados, dependendo de seu estado de conservação, para compor a capacidade total de armazenamento necessária, o que reduziria o investimento inicial. Esse benefício não foi considerado nos cálculos subsequentes. Para cálculo do investimento foi considerada uma relação de R\$ 5,70 por litro diário armazenado no reservatório. Esta relação foi informada pelo fabricante Heliotek, em fevereiro de 2006.

Custo de operação e manutenção	Desprezível
Tarifa de consumo da energia elétrica (R\$/MWh) ¹⁴⁰	289,79
Tarifa de demanda da energia elétrica (R\$/kW.mês) ¹⁴¹	18,02
Taxa de inflação considerada ¹⁴²	5,7% a.a.
Taxa mínima de atratividade (nominal) ¹⁴³	17,0% a.a.

As demais premissas utilizadas para calcular a viabilidade econômica, bem como as equações utilizadas estão apresentadas no Apêndice A.

Os dados do INMETRO¹⁴⁴ relativos à eficiência dos coletores solares referem-se a condições-padrão, definidas para Belo Horizonte para o mês de setembro e considerando uma inclinação do coletor de 25°.

Essas premissas levaram a um consumo mensal atual máximo de energia elétrica destinada ao aquecimento de água para banho e restaurantes de 22.320 kWh, representando um custo mensal máximo de R\$ 7.632,77 no primeiro ano. Isso representa um consumo específico de energia elétrica utilizada para aquecimento de água de 1.339,20 kWh/quarto.ano. Se considerássemos que a energia elétrica para aquecimento de água representa 20% do consumo total de energia elétrica do hotel, o consumo máximo de energia elétrica pelo hotel chegaria a 1.339 MWh/ano e o consumo específico total de eletricidade passaria a ser de 6.696 kWh/quarto.ano¹⁴⁵.

¹⁴⁰ Tarifa média de consumo A4 Verde válida para a Concessionária de Energia Elétrica da Bahia – COELBA, em março de 2006. Neste valor estão inclusos Pis, Cofins e ICMS.

¹⁴¹ Tarifa de demanda A4 Verde válida para a COELBA em abril de 2006. Se a demanda utilizada ultrapassar em 10% a demanda contratada, o *resort* deverá pagar sobre a diferença da demanda o valor da inclusos Pis, Cofins e ICMS.

¹⁴² Valor da inflação registrada para o ano de 2005, de acordo com o Banco Central (<http://www.bcb.gov.br>).

¹⁴³ Esta taxa representa o custo de oportunidade, ou seja, um rendimento que o *resort* poderia obter em outro tipo de investimento. Foi considerado o valor da SELIC (taxa obtida mediante o cálculo da taxa média ponderada e ajustada das operações de financiamento por um dia, lastreadas em títulos públicos federais e cursadas no referido sistema ou em câmaras de compensação e liquidação de ativos, na forma de operações compromissadas) válido para o mês de fevereiro de 2006. A expectativa é que esta taxa caia gradativamente (Segundo o Banco Central, para o último trimestre de 2006, as projeções passaram de 15,46% para 14,71%; enquanto, para o último trimestre de 2007, passaram de 13,64% para 13,57%). Ver (<http://www.bcb.gov.br>).

¹⁴⁴ Ver Apêndice B.

¹⁴⁵ Estes valores estão bem inferiores aos apresentados na tabela 35. Isto pode ser decorrência de diferenças entre as estimativas de consumo de água por quarto ou por refeição, além de ter o impacto da taxa de ocupação. Além disso, os valores apresentados na tabela 35 não se referem apenas à energia elétrica, e sim, à energia total consumida pelo estabelecimento.

A partir das premissas utilizadas, chegou-se a um sistema com 140 coletores solares com 1,65 m² de área coletora cada e reservatórios com uma capacidade diária total de 28.800 litros¹⁴⁶.

Para cálculo do consumo mensal de energia necessária para o *back-up*¹⁴⁷, faz-se necessário o cálculo da fração solar. A fração solar é a relação entre a oferta de energia proporcionada pelo sistema de aquecimento solar e a demanda total de energia para atender o nível de conforto requerido pelo consumidor final. Depende das condições climáticas locais, da temperatura de armazenamento desejada, dos parâmetros de projeto¹⁴⁸ do coletor solar selecionado e da demanda específica de energia, sendo esta associada ao nível de conforto requerido pelo consumidor final (PEREIRA et al., 2003). Pode ser calculada a partir do método *f-chart*¹⁴⁹ desenvolvido por Klein et al apud Pereira et al. (2003). A fração solar foi calculada mês a mês, levando-se em consideração as temperaturas e níveis de radiação médios mensais em Salvador¹⁵⁰. A partir da fração solar¹⁵¹, calculou-se o consumo mensal de energia elétrica utilizada como *back-up*¹⁵². A figura 34 mostra a variação mensal da fração solar, calculada para Salvador:

¹⁴⁶ O cálculo detalhado é apresentado no Apêndice A.

¹⁴⁷ O *back-up* elétrico representa a quantidade de energia elétrica utilizada como apoio ao sistema solar, quando este não é capaz de suprir toda a energia demandada pelo estabelecimento. O cálculo da energia elétrica de *back-up* está detalhado no Apêndice A.

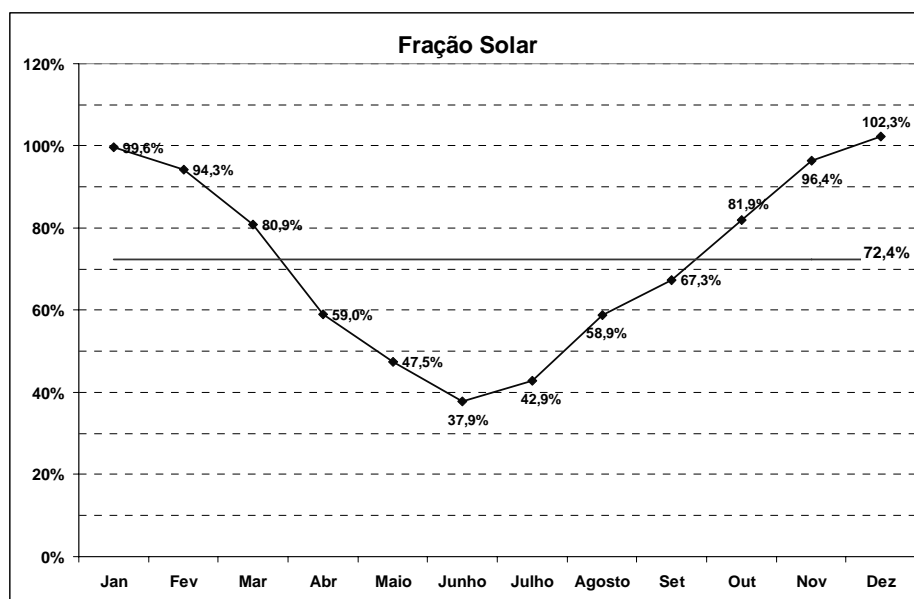
¹⁴⁸ Ver no Apêndice B os dados de eficiência do coletor utilizado nos cálculos.

¹⁴⁹ Para maiores detalhes sobre o método, ver Moreira, 1985 e Pereira et al., 2003. O detalhamento deste método encontra-se no Apêndice C.

¹⁵⁰ Dados do Atlas Solarimétrico do Brasil (2000). Estes dados referem-se à situação em que os raios solares incidem na superfície horizontal dos coletores. Para considerar a situação em que ocorre o aproveitamento máximo da energia solar, isto é, quando os raios solares incidem no plano do coletor solar, que encontra-se com uma determinada inclinação, é necessário corrigir os valores da radiação solar diária, conforme será mostrado no Apêndice C.

¹⁵¹ Para cálculo da fração solar, foram utilizados parâmetros de um coletor do fabricante Heliotek, modelo MK6VS. A curva de eficiência deste coletor, atestada pelo INMETRO, encontra-se no Apêndice B.

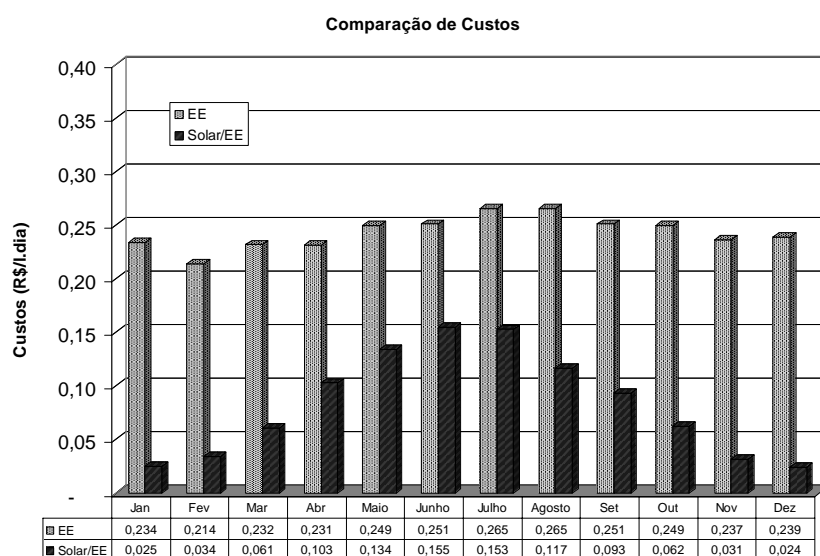
¹⁵² Cabe ressaltar que, o consumo de energia elétrica poderá ocorrer fora do horário de ponta, caso seja programado um aquecimento elétrico antes do horário crítico para aumentar a temperatura do reservatório, fazendo que ao tomar banho à noite, a água já esteja bem quente e o hóspede utilize uma proporção maior de água fria em relação à água quente no momento de regular a temperatura do banho.



Fonte: Elaboração própria

Figura 34 – Variação da fração solar em Salvador

Com o cálculo do consumo de energia de *back-up* necessário, montou-se um fluxo de caixa mensal para verificar a existência ou não de vantagem para o cliente e o tempo de retorno do investimento. A figura 35 apresenta a comparação de custos com energia elétrica entre o sistema convencional e o sistema solar. Todos os cálculos foram feitos em termos relativos, considerando sempre custos, receitas e investimentos em Reais por litro de água consumido diariamente - R\$/(l/dia).



Fonte: Elaboração própria

Figura 35 – Comparação entre custos: sistema convencional x solar

Como todo o fluxo está sendo calculado em base real, considerou-se que um valor de 1,0% a.a. como reajuste da tarifa de energia elétrica seria razoável.

Como indicadores de rentabilidade utilizados para avaliar a viabilidade deste projeto, foram considerados o valor presente líquido (VPL)¹⁵³, a taxa interna de retorno (TIR)¹⁵⁴ e o *payback*¹⁵⁵. Para que um projeto seja considerado economicamente viável, é necessário que o VPL seja maior que zero e que a TIR seja superior à taxa mínima de atratividade.

A tabela 36 apresenta os resultados obtidos para o caso base considerado:

Tabela 36 – Resultados obtidos para um <i>resort</i> em Salvador	
Volume diário de água quente - l/dia	28.800
Temperatura do reservatório (°C)	45
Energia Convencional	EE
Reajuste anual da Energia Elétrica	1,0% a.a.
Fração solar média	72,40 %
VPL (20 anos) - R\$(l/dia)	7,06
TIR (20 anos)	29,44 %
<i>Payback</i> simples (meses)	47

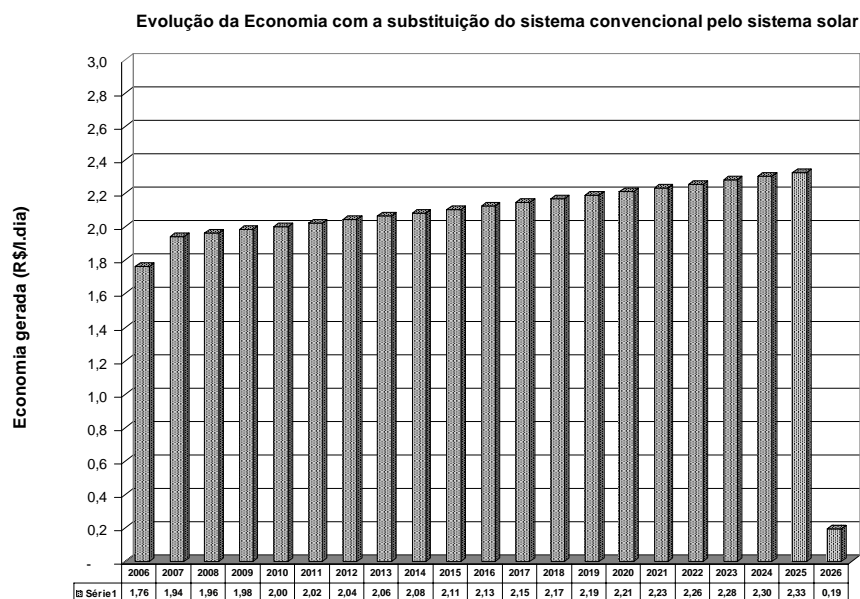
Fonte: Elaboração própria (Ver Apêndice A)

Os dados obtidos mostram que a substituição dos equipamentos elétricos convencionais pelo sistema solar com apoio elétrico é viável, gerando uma economia para o *resort* durante os vinte anos de R\$ 7,06/(l/dia), recuperando o investimento realizado em cerca de 4 anos. Para um *resort*, de 200 apartamentos, com um consumo diário de, aproximadamente, 28.800 litros, o VPL seria de R\$ 203.454,63. A taxa interna de retorno encontrada é bem superior à taxa mínima de atratividade utilizada (10,7% a.a.), o que demonstra a grande viabilidade deste projeto. A figura 36 apresenta a evolução da economia obtida durante os vinte anos do projeto.

¹⁵³ O VPL (Valor Presente Líquido) é o valor de todas as receitas e despesas obtidas durante o período de avaliação do projeto na data atual, utilizando-se para isso uma taxa mínima de atratividade, isto é, uma taxa de rentabilidade mínima aceitável, que poderia ser obtida a partir de um outro investimento.

¹⁵⁴ A TIR (Taxa Interna de Retorno) é aquela para a qual o valor presente das receitas torna-se igual ao das despesas; é a taxa que torna nulo o valor presente líquido do projeto. É a taxa de remuneração do capital investido.

¹⁵⁵ O *payback* é o tempo de retorno de um investimento. Foi encontrado para o *payback* simples um valor de 3 a 4 anos, valor semelhante ao encontrado por Rezachek et al. (2001) e Karagiorgas et al. (2004).



Fonte: Elaboração própria

Figura 36 – Evolução da economia obtida durante o projeto

4.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para verificar os impactos de algumas variáveis sobre os dados de rentabilidade do projeto de substituição dos sistemas de aquecimento de água, fez-se uma análise de sensibilidade, variando os seguintes fatores:

1. Temperatura do reservatório: 40°C, 45°C, 50°C;
2. Taxa de ocupação média: 40%, 50%, 60%;
3. Localização: Salvador, Maceió, Fortaleza;
4. Financiamento: sem financiamento e com financiamento de 100 %;
5. Taxa de reajuste anual da energia elétrica: 0,0% a.a., 1,0% a.a., 2,0% a.a.;
6. Taxa de desconto: 8,8%, 10,7%, 12,6% a.a.;
7. Energético utilizado atualmente para aquecimento de água: Energia Elétrica e GLP.

Os resultados das simulações realizadas são apresentados a seguir:

4.7.1 Temperatura do reservatório

O dimensionamento do sistema de aquecimento solar de água depende da temperatura que se deseja alcançar no reservatório utilizado. Supõe-se que o sistema foi projetado para uma situação padrão de 45°C (portanto, a fração solar foi definida nesta situação) e que, devido a temperaturas ambientes, mais frias ou mais quentes, obtidas nos diferentes meses do ano, o dono do empreendimento estabeleça que a água do reservatório poderá ficar a uma temperatura mais alta, por exemplo, 50°C ou mais baixa, como por exemplo, 40°C; assim, com um mesmo número de coletores solares, calculados a partir da situação a 45°C, a energia solar poderá em alguns meses suprir toda a necessidade de energia para aquecer a água. Os resultados obtidos para estes três casos são apresentados na tabela 37. Outras variáveis, como a taxa de ocupação, volume diário de água e reajuste da tarifa de energia elétrica foram mantidas constantes.

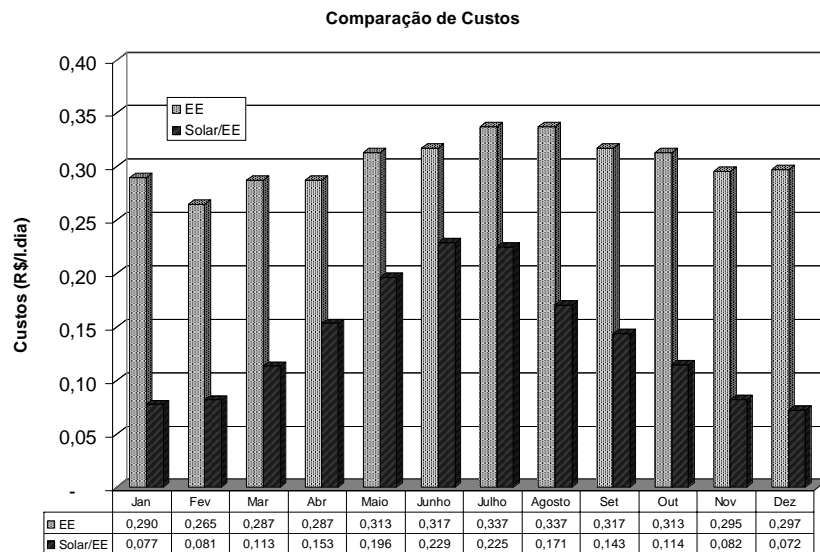
Tabela 37 – Impacto da temperatura do reservatório

Localização	Salvador		
Volume diário de água quente - l/dia	28.800		
Taxa de ocupação	50 %		
Energia Convencional	EE		
Reajuste anual de Energia Elétrica	1,0% a.a.		
Temperatura do reservatório	40 °C	45 °C	50 °C
Fração solar média	72,40 %		
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano	5,23	5,97	5,99
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano	1,03	2,42	4,52
Economia no primeiro ano – R\$/(l/dia)	1,71	1,92	2,00
VPL (20 anos) – R\$/(l/dia)	5,78	7,06	7,52
TIR (20 anos)	26,13 %	29,44 %	30,62 %
Payback simples (meses)	51	47	45

Fonte: Elaboração própria

Pelos resultados obtidos na tabela acima, verifica-se que quando a temperatura do reservatório diminui, a quantidade de energia total necessária para atender à demanda de água quente diminui, pois o diferencial entre a temperatura do reservatório e a temperatura ambiente diminui. Como a fração solar permanece igual à que foi calculada para o sistema a 45°C, a quantidade de energia que poderá ser fornecida pela energia solar também se mantém constante; com isso, em alguns meses do ano, onde a fração solar é mais alta, não haverá necessidade de utilização do *back-up* elétrico, apesar de o custo com a demanda contratada continuar existindo. Devido à diminuição da quantidade de energia elétrica demandada, os resultados apresentados na tabela 37

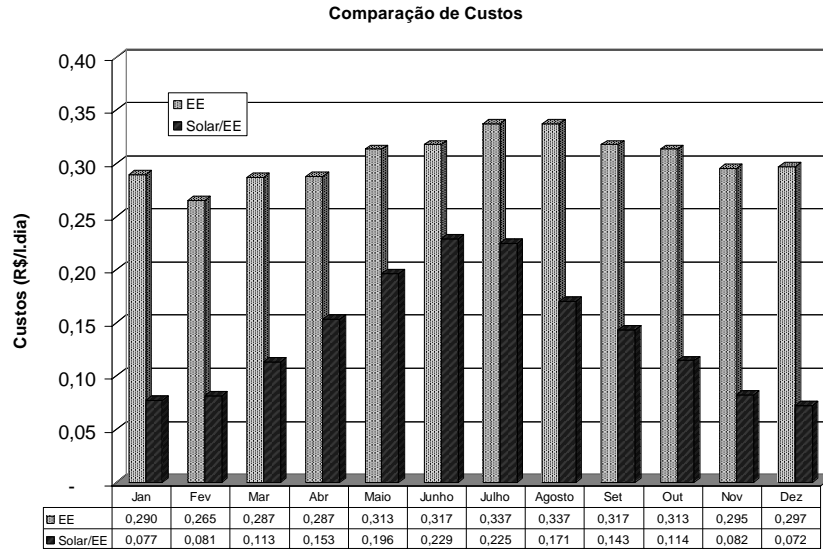
mostram que os índices de rentabilidade pioraram em relação ao caso base. A figura 37 mostra a diferença de custos entre os dois sistemas para a temperatura do reservatório de 40°C.



Fonte: Elaboração própria

Figura 37 – Comparação de custos para temperatura do reservatório de 40°C

Quando a temperatura desejada do reservatório é superior à temperatura para a qual o sistema de aquecimento solar foi projetado, a quantidade de energia total demandada aumenta, pois o diferencial de temperatura é maior; porém, a quantidade máxima de energia que pode ser fornecida pela energia solar é a mesma do caso base, pois se encontra limitada ao número de coletores existentes; neste caso, a parcela encontrada (5,99 kWh/(l/dia).ano) é superior a do caso base (5,97 kWh/(l/dia).ano) porque no caso base, no mês de dezembro, a energia solar era capaz de contribuir com mais energia do que era necessário, ou seja, foi “sub-utilizada”; portanto, mais energia de *back-up* será necessária, fazendo com que a demanda contratada seja ultrapassada em mais de 10% em alguns meses, aumentando o custo com energia elétrica, uma vez que a tarifa paga devido à ultrapassagem de demanda é 3 vezes superior à tarifa normal cobrada pela concessionária de energia elétrica. No sistema convencional a ultrapassagem da demanda contratada ocorre com maior frequência durante o ano, quando comparado com o que ocorre com o sistema solar. Por isso, os resultados de rentabilidade obtidos neste caso são ligeiramente superiores aos do caso base. A figura 38 mostra a diferença de custos entre os dois sistemas para a temperatura do reservatório de 50°C.



Fonte: Elaboração própria

Figura 38 – Comparação de custos para temperatura do reservatório de 50°C

4.7.2 Taxa de Ocupação

Um aumento da taxa de ocupação de um hotel significa aumento no consumo de água quente para banho, o que fará com que mais coletores e maior capacidade de reservatório sejam necessários para atender a toda a demanda do estabelecimento. A tabela 38 apresenta os resultados de rentabilidade para três taxas de ocupação diferentes, considerando três projetos diferentes, dimensionados para atender à demanda total.

Tabela 38 – Impacto da taxa de ocupação – dimensionamento variável

Localização			
Salvador			
Temperatura do reservatório			
45 °C			
Energia Convencional			
EE			
Reajuste Anual de Energia Elétrica			
1,0% a.a.			
Taxa de ocupação	40 %	50 %	60 %
Volume diário de água quente (l/dia)	23.000	28.800	34.600
Nº de coletores	112	140	168
Fração solar média	72,47 %	72,40 %	72,40 %
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano	5,98	5,97	5,97
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano	2,42	2,42	2,41
Economia no primeiro ano – R\$(l/dia)	1,93	1,92	1,96
VPL (20 anos) – R\$(l/dia)	7,08	7,06	7,26
TIR (20 anos)	29,48 %	29,44 %	29,94 %
Payback simples (meses)	47	47	46

Fonte: Elaboração própria

Pelos resultados obtidos na tabela acima, verifica-se que os resultados de rentabilidade não variam muito com a variação da taxa de ocupação, considerando projetos distintos para os sistemas de aquecimento solar, pois como todos os resultados são apresentados em função da capacidade do reservatório, em litros por dia, era esperado que estes resultados se mantivessem praticamente constantes.

Entretanto, se o projeto tiver sido dimensionado para atender à taxa de ocupação inicial de 50%, o número de coletores solares e a capacidade do reservatório serão fixos e, portanto, será necessária maior quantidade de energia elétrica de *back-up* para suprir a demanda do hotel caso se tenha uma taxa de ocupação superior. A tabela 39 mostra os resultados obtidos para avaliação do impacto da taxa de ocupação neste caso:

Tabela 39 – Impacto da taxa de ocupação – dimensionamento fixo			
Localização	Salvador		
Temperatura do reservatório	45 °C		
Energia Convencional	EE		
Reajuste Anual da Energia Elétrica	1,0 % a.a.		
Volume diário de água quente - l/dia	28.800		
Nº de coletores	140		
Fração solar média	72,40 %		
Taxa de ocupação	40 %	50 %	60 %
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano	5,49	5,97	5,99
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano	1,22	2,42	4,08
Economia no primeiro ano – R\$/(l/dia)	2,23	1,92	1,64
VPL (20 anos) – R\$	8,90	7,06	5,36
TIR (20 anos)	34,19 %	29,44 %	25,06 %
Payback simples (meses)	41	47	53

Fonte: Elaboração própria

A partir dos dados apresentados, verifica-se que, partindo-se de um sistema solar já implantado, um aumento da taxa de ocupação implica em aumento da quantidade de energia elétrica utilizada como *back-up*, pois a parcela da energia fornecida pelo sistema solar será sempre igual a do caso base, pois está limitada ao número de coletores; neste caso, a parcela encontrada (5,99 kWh/(l/dia).ano) é superior a do caso base (5,97 kWh/(l/dia).ano) porque no caso base, no mês de dezembro, a energia solar era capaz de contribuir com mais energia do que era necessário, ou seja, foi “sub-utilizada”. Com a necessidade de mais energia de *back-up*, a demanda contratada será ultrapassada em alguns casos e a diferença entre os custos com energia elétrica no sistema convencional e no solar contribuirá para que os resultados de rentabilidade obtidos sejam inferiores aos encontrados para o caso base.

No caso da redução da taxa de ocupação, menos energia será necessária para atender à demanda de água quente e, em alguns meses do ano, o sistema solar será capaz de gerar toda a energia necessária, dispensando o uso do *back-up* elétrico. Neste caso, ainda continuará existindo o custo com a demanda contratada. Neste cenário, os resultados de rentabilidade obtidos são superiores aos do caso base, sendo o prazo de retorno do investimento de 3,4 anos.

4.7.3 Localização

A localização do projeto impacta a fração solar (pois depende de dados médios relativos à radiação mensal e à temperatura ambiente) e os custos com energia elétrica (concessionárias diferentes de energia elétrica e, conseqüentemente, tarifas diferentes). Foram feitas simulações para um mesmo projeto solar em três cidades do Nordeste brasileiro. Ressalta-se apenas que, no cálculo do número de coletores, os ajustes devidos à mudança de localização não foram feitos para determinação do novo rendimento do coletor. A tabela 40 apresenta os resultados de rentabilidade para *resorts* localizados em três cidades diferentes.

Tabela 40 – Impacto da localização do projeto

Temperatura do reservatório		45 °C		
Volume diário de água quente – l/dia		28.800		
Nº de coletores		140		
Energia Convencional		EE		
Reajuste Anual de Energia Elétrica		1,0 % a.a.		
Localização	Salvador	Maceió	Fortaleza	
Fração solar média	72,40 %	75,01 %	83,52 %	
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano	5,97	6,40	6,70	
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano	2,42	2,17	1,35	
Economia no primeiro ano – R\$/(l/dia)	1,92	2,24	2,59	
VPL (20 anos) – R\$/(l/dia)	7,06	8,96	11,05	
TIR (20 anos)	29,44 %	34,34 %	39,87 %	
Payback simples (meses)	47	41	36	

Fonte: Elaboração própria

Os valores apresentados na tabela 40 mostram que Fortaleza apresenta a maior fração solar, isto é, maior parcela da energia necessária poderá ser obtida através da energia solar. Em Fortaleza, a economia gerada também será maior, apresentando melhores valores para os indicadores de rentabilidade.

4.7.4 Financiamento

Para avaliação do impacto de um financiamento¹⁵⁶ concedido ao *resort*, foram consideradas duas situações: sem financiamento e com financiamento de 100%. Vale ressaltar que os resultados dependem da relação entre a taxa de financiamento e a taxa utilizada para descontar o fluxo de caixa. As condições de financiamento utilizadas foram as do Cartão BNDES (16,9% a.a. nominal e 10,6% a.a. real) e um prazo de 36 meses e a taxa de desconto utilizada foi de 17,0% a.a. (valor nominal da SELIC)¹⁵⁷. O financiamento além de alavancar o projeto, poderá impactar positivamente o projeto devido à dedução dos juros da operação na base de cálculo do imposto de renda e da contribuição social. A tabela 41 apresenta os resultados de rentabilidade para *resorts* localizados em Salvador, com e sem financiamento.

Tabela 41 – Impacto do financiamento

Localização		Salvador	
Temperatura do reservatório		45 °C	
Volume diário de água quente – l/dia		28.800	
Nº de coletores		140	
Fração solar média		72,40 %	
Energia Convencional		EE	
Reajuste Anual de Energia Elétrica		1,0 % a.a.	
Financiamento		Sem	Com
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano		5,97	5,97
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano		2,42	2,42
Economia no primeiro ano – R\$/(l/dia)		1,92	1,92
VPL (20 anos) – R\$/(l/dia)		7,06	7,36
TIR (20 anos)		29,44 %	51,65 %
<i>Payback</i> simples (meses)		47	51

Fonte: Elaboração própria

Os valores apresentados na tabela 41 mostram resultados curiosos e difíceis de serem compreendidos, pois o financiamento está melhorando levemente o VPL, fortemente a TIR e piorando o valor do *payback*. O fluxo de caixa obtido nesta situação apresenta-se negativo nos três primeiros anos, aumentando o prazo de retorno do investimento. Já a TIR obtida representa um valor médio para todo o período analisado, e não para cada ano individualmente. O impacto positivo tão forte pode ser explicado pelo sistema Price de amortização utilizado, onde os juros são maiores durante o início do projeto, reduzindo os custos com imposto de renda e contribuição social, permitindo um maior

¹⁵⁶ Ver Apêndice A.

¹⁵⁷ O valor real da SELIC é de 10,7% a.a., após descontar o valor da inflação de 2005: 5,7% a.a.

lucro líquido durante este período. Ressalta-se que foi feita a consideração que uma vez feito o investimento, o sistema solar passaria a operar um mês depois, momento também do pagamento da primeira parcela do financiamento.

4.7.5 Reajustes anuais de Energia Elétrica

No caso base foi considerado um reajuste anual constante de 1,0%. Para efeitos de simulação, foram calculados os índices de rentabilidade para reajustes nulos e reajustes anuais de 2,0% a.a. A tabela 42 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 42 – Impacto da taxa de reajuste anual da tarifa de energia elétrica

Temperatura do reservatório		45 °C	
Volume diário de água quente - l/dia		28.800	
Nº de coletores		140	
Fração solar média		72,40 %	
Energia Convencional		EE	
Taxa de reajuste	0,0% a.a.	1,0% a.a.	2,0 % a.a.
VPL (20 anos) – R\$(l/dia)	6,34	7,06	7,87
TIR (20 anos)	28,41 %	29,44 %	30,47 %
Payback simples (meses)	47	47	46

Fonte: Elaboração própria

Os valores apresentados na tabela 42 mostram que, mesmo que não ocorram reajustes anuais durante toda a vida do projeto (20 anos), o projeto ainda assim é bastante viável. Considera-se que a tendência é de crescimento das tarifas de energia elétrica, pois a chamada “energia velha” será substituída pela “energia nova”, adquirida através dos leilões de energia. A energia nova não possui subsídios que hoje a energia comprada pelas distribuidoras tem e por isso, possui preços maiores.

4.7.6 Taxa de desconto

No caso base foi considerada uma taxa de desconto de 10,7% a.a. Para efeitos de simulação, foram calculados os índices de rentabilidade para outros valores: 8,8% a.a. (caso o valor da SELIC sofresse uma redução) e 12,6% a.a. (taxa que uma empresa poderia obter caso investisse o valor referente à economia gerada pelo sistema solar em um fundo de renda fixa).

Tabela 43 – Impacto da taxa de desconto

Localização		Salvador		
Temperatura do reservatório		45 °C		
Energia Convencional		EE		
Reajuste Anual de Energia Elétrica		1,0% a.a.		
Volume diário de água quente (l/dia)		28.800		
Nº de coletores		140		
Fração solar média		72,40 %		
Taxa de Desconto	8,8% a.a.	10,7% a.a.	12,6 % a.a.	
VPL (20 anos) – R\$(/dia)	8,73	7,06	5,69	

Fonte: Elaboração própria

Os valores apresentados na tabela 43 mostram que o aumento da taxa de desconto acarreta a diminuição do valor presente líquido.

4.7.7 Energético utilizado

Alguns hotéis utilizam em seus sistemas de aquecimento central de água, o gás liquefeito de petróleo (GLP), no lugar da energia elétrica. O preço médio do GLP ao consumidor final na região Nordeste é de R\$ 2,31/kg (R\$ 1,27/litro)¹⁵⁸. Considerou-se para o GLP, um poder calorífico inferior de 11.100 kcal/kg¹⁵⁹ e uma eficiência de caldeira de 70%¹⁶⁰ no cálculo da quantidade de GLP necessário para produzir a mesma quantidade de energia elétrica. O investimento de um sistema a gás é cerca de 10%¹⁶¹ superior ao preço de um sistema de apoio elétrico, pois há o aquecedor que é acoplado ao sistema solar. Segundo o fabricante de equipamentos solares Heliotek, muitas companhias distribuidoras de gás acabam oferecendo o equipamento gratuitamente em troca de um contrato de fornecimento durante um certo prazo. Isto não foi considerado nos cálculos.

O preço do GLP no Brasil é muito regulado pelo mercado e apresenta muitas oscilações mensais, ora positivas, ora negativas. Por isso, como taxa de reajuste da tarifa do GLP no Brasil, considerou-se a previsão de preços de petróleo feita pelo DOE¹⁶² para os próximos 20 anos, a serem aplicados nos Estados Unidos, mantendo-se a relação entre o

¹⁵⁸ Valor histórico médio para o preço do GLP, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP) em seu endereço eletrônico <http://www.anp.gov.br>. (2006)

¹⁵⁹ Ver MME, 2005.

¹⁶⁰ Valor informado pelo fabricante Heliotek (fev, 2006) em sua proposta para o sistema solar solicitado. Segundo ele, este é o valor médio das caldeiras já em uso nos hotéis. Estas caldeiras podem ser incorporadas ao sistema solar, reduzindo o investimento, caso fosse comprada uma nova.

¹⁶¹ Conforme informações verbais do fabricante de equipamentos solares Heliotek, em fevereiro de 2006.

¹⁶² Ver Annual Energy Outlook 2006 with Projections to 2030 (DOE, 2006).

preço do petróleo e o preço atual de GLP no Brasil. Foge ao escopo deste trabalho calcular os preços de petróleo e, conseqüentemente, do GLP; por isso, utilizou-se a projeção do DOE, considerando uma convergência entre os preços no Brasil e nos Estados Unidos. Verifica-se que as variações ora são positivas e ora negativas, o que gera um valor médio negativo (-0,52% a.a.). A tabela 44 apresenta os resultados comparativos obtidos utilizando-se energia elétrica e GLP, considerando o valor médio da taxa de reajuste calculado para o GLP. Este índice de reajuste depende diretamente das projeções e incertezas relacionadas ao preço do petróleo. Caso haja uma crise de mercado, novas descobertas, guerras ou outros fatores não esperados, provavelmente esta previsão será revista e um novo índice de reajuste deverá ser calculado e as simulações aqui realizadas, precisarão ser refeitas.

Tabela 44 – Impacto do tipo de energético utilizado como apoio

Localização		Salvador
Temperatura do reservatório		45 °C
Volume diário de água quente – l/dia		28.800
Nº de coletores		140
Fração solar média		72,40 %
Investimento - R\$/(l/dia)		6,27
Financiamento		Sem
Energético utilizado	Energia Elétrica	GLP
Taxa de reajuste anual	1,00 % a.a.	-0,52% a.a.
Parcela referente à energia solar - kWh/(l/dia).ano	5,97	5,97
Parcela do <i>back-up</i> elétrico - kWh/(l/dia).ano	2,42	2,42
Economia no primeiro ano – R\$/(l/dia)	1,92	1,53
Custo com o energético de apoio - R\$/(l/dia).ano¹⁶³	0,99	0,62
VPL (20 anos) – R\$/(l/dia)	7,06	3,37
TIR (20 anos)	29,44 %	19,70 %
<i>Payback</i> simples (meses)	47	63

Fonte: Elaboração própria

Os dados apresentados acima mostram que, com estas taxas de reajustes pouco favoráveis para o preço de GLP, os resultados obtidos são bastante inferiores aos encontrados para o caso da energia elétrica como energético de *back-up*, mas mesmo assim há viabilidade econômica.

4.8 PROJEÇÃO DE MERCADO

¹⁶³ Valores válidos para o primeiro ano.

De acordo com o Guia Quatro Rodas (2006), há no Nordeste 17 *resorts*, o que representa 47,2% do número total avaliado pela publicação. Se considerarmos que existem atualmente 50 *resorts* em todo o país, poderíamos estimar que existem hoje 24 *resorts* no Nordeste, ou seja, 7 não teriam sido avaliados pela publicação. Utilizando o mesmo raciocínio para a quantidade de unidades habitacionais, haveria hoje cerca de 5.547 unidades habitacionais.

De acordo com a pesquisa Raio X da Indústria Hoteleira (AMAZONAS e GOLDNER, 2004), os *resorts* se enquadrariam na categoria A, definida a partir dos valores de diárias cobradas pelos estabelecimentos. Na pesquisa foram levantados 24 hotéis no Nordeste (representando 21,8% dos hotéis da categoria A e 3% do total de hotéis avaliados na pesquisa), justamente o número de *resorts* estimado anteriormente. De acordo com a pesquisa, em 2007 haverá 966 hotéis e, considerando que a parcela de hotéis de categoria A, no Nordeste, permanecerá constante (3%), projeta-se a existência de 28 *resorts* em 2007, o que representaria um aumento de 20,8% em relação a 2005, ou um crescimento anual de 10,4%. Seguindo o mesmo raciocínio em relação ao número de unidades habitacionais, chegar-se-ia a um valor de 7.386 UHs em *resorts*, da categoria A, no Nordeste. Em relação ao valor de 2005, isso representaria um aumento de 33,2%, ou um crescimento anual de 16,6%.

Considerando que, depois de dez anos o crescimento de *resorts* na região cessará devido à limitação de área geográfica próxima às praias do litoral, obtemos a seguinte estimativa de expansão na tabela 45:

Tabela 45 – Projeção da expansão de *resorts* no Nordeste

Ano	Nº Resorts	Ano	Nº Resorts	Ano	Nº Resorts
2005	24	2012	43	2019	56
2006	26	2013	47	2020	56
2007	28	2014	51	2021	56
2008	30	2015	56	2022	56
2009	33	2016	56	2023	56
2010	36	2017	56	2024	56
2011	39	2018	56	2025	56

Fonte: Elaboração própria

Como estão sendo considerados apenas os *resorts* atuais com menos de dez anos de construção e os que ainda serão inaugurados, em 2005 haveria apenas 14 *resorts* em que poderia ser considerada a utilização dos sistemas solares. Sendo assim, poderia ser projetada uma economia para o segmento *resorts* no Nordeste a partir da substituição

dos sistemas convencionais pelo sistema solar, conforme a tabela 46. A projeção foi feita, considerando-se o caso base, considerando-se a economia bruta, ou seja, sem considerar depreciação e imposto de renda. A segunda coluna da tabela 46 apresenta a projeção do número de *resorts* no Nordeste, partindo-se do número daqueles com menos de 10 anos de construção (14 em 2005 e 16 em 2006). A terceira coluna apresenta a economia anual bruta gerada para um *resort*, ou seja, a diferença entre os custos com energia elétrica no sistema convencional e no sistema solar, com apoio elétrico. A última coluna representa a economia total bruta gerada por todos os *resorts* em operação naquele ano.

Tabela 46 – Projeção da economia total obtida com os sistemas solares			
	Nº de <i>resorts</i>	Economia anual por <i>resort</i> R\$/(l/dia)	Economia total anual R\$/(l/dia)
2006	16	1,76	28,23
2007	18	1,94	34,99
2008	20	1,96	39,27
2009	23	1,98	45,61
2010	26	2,00	52,08
2011	29	2,02	58,67
2012	33	2,04	67,42
2013	37	2,06	76,35
2014	41	2,08	85,45
2015	46	2,11	96,83
2016	46	2,13	97,80
2017	46	2,15	98,78
2018	46	2,17	99,77
2019	46	2,19	100,77
2020	46	2,21	101,77
2021	46	2,23	102,79
2022	46	2,26	103,82
2023	46	2,28	104,86
2024	46	2,30	105,91
2025	46	2,33	106,96
		VPL¹⁶⁴	R\$ 532,24/(l/dia)

Fonte: Elaboração própria

Portanto, o segmento de *resorts* ganharia R\$ 532,24/(l/dia) em 20 anos. Supondo todos os *resorts* na condição padrão (consumo de água quente de 28.800 l/dia), esta economia seria de R\$ 15,3 milhões.

¹⁶⁴ Valor da economia gerada durante os 20 anos, trazido a valor presente.

5 CONCLUSÕES

A disseminação da utilização de sistemas de aquecimento solar ainda depende da implantação de medidas de incentivo que ajudem a ultrapassar as barreiras técnicas, econômicas e de mercado existentes. Medidas como alteração do código de construção civil, maior divulgação da tecnologia, capacitação do pessoal envolvido no processo de instalação, pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e de equipamentos mais eficientes, determinação de metas ambientais e de utilização de fontes renováveis, dentre outras, podem impulsionar o crescimento da tecnologia no Brasil.

O setor hoteleiro é um segmento consumidor de grandes quantidades de energia e água quente. Vários indicadores de consumo específico são citados em diversos trabalhos científicos realizados para diferentes países e para hotéis de diferentes categorias. Entretanto, o padrão de consumo varia em cada local, de acordo com as condições climáticas e hábitos da população, dentre outros fatores. Como estes indicadores levantados não seguiam um padrão determinado, optou-se por calcular o consumo médio de energia elétrica utilizada para aquecimento de água em *resorts*, baseando-se em algumas estimativas embasadas em normas técnicas, nos hábitos da população brasileira e no histórico do setor hoteleiro.

A substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água utilizados por *resorts* na região Nordeste do país por sistemas solares mostrou-se bastante viável, gerando para o empreendimento uma economia da ordem de R\$ 7,06 por litro de água quente consumido diariamente, em um projeto de 20 anos.

Verificou-se que a energia solar não é capaz de gerar sozinha toda a quantidade de energia necessária para atender ao consumo de água quente dos quartos e do restaurante do hotel. É necessária a existência de um sistema de apoio convencional que, dependendo do energético que o hotel já consuma, pode ser elétrico ou a gás. A participação da energia solar na geração total depende da fração solar, um índice que varia de acordo com a localização do projeto e utiliza em seu cálculo valores de temperatura ambiente e radiação solar local.

A relação entre o volume do reservatório e área coletora e entre a temperatura do reservatório e número de coletores é muito importante no dimensionamento do sistema solar, pois requererá mais ou menos energia de *back-up* e, conseqüentemente, poderá gerar maior ou menor economia para o empreendimento.

Partindo-se de um sistema solar dimensionado para as condições de ocupação anual média de um *resort*, um aumento eventual da taxa de ocupação implica em aumento da quantidade de energia elétrica utilizada como *back-up* e, conseqüentemente, redução da economia gerada. Isso faz com que os resultados de rentabilidade sofram impactos negativos, aumentando significativamente o tempo de retorno do investimento.

Comparativamente, os *resorts* situados em locais com maior fração solar apresentam melhores índices de rentabilidade.

A utilização de uma linha de financiamento pelo empreendedor alavanca o projeto e melhora sua rentabilidade.

A taxa de reajuste aplicada anualmente às tarifas de energia elétrica impacta a rentabilidade do projeto. Mesmo sem considerar que haverá reajuste real da tarifa de energia elétrica nos próximos 20 anos, os resultados obtidos mostraram que o projeto ainda assim é bastante viável economicamente.

O aumento da taxa de desconto acarreta a redução do VPL.

Vários *resorts* utilizam como energético nos sistemas de acumulação para aquecimento de água o GLP, que atualmente possui um preço médio de R\$ 2,31/kg na região Nordeste. A análise do caso padrão utilizando sistema convencional e de apoio a gás, mostrou que os resultados obtidos neste caso são bastante inferiores aos obtidos no caso do energético utilizado ser a energia elétrica. Tal resultado deve-se principalmente à taxa de reajuste utilizada para o preço do GLP (-0,52% a.a.), calculada a partir de projeções para o preço do petróleo.

A partir de uma estimativa de expansão do segmento de *resorts* na região Nordeste em 10,4% a.a. durante dez anos, projetou-se uma economia total para o setor no vigésimo ano de R\$ 106,96 por litro de água quente consumida diariamente. Considerando o valor da economia total gerada durante os vinte anos em termos atuais, isso representaria um montante de R\$ 532,24 por litro de água quente consumida diariamente. Com esse valor a menos em seu faturamento, a concessionária de energia elétrica precisaria buscar alternativas para recuperar a perda. Uma alternativa seria fazer o investimento inicial, tornando-se a proprietária do sistema, e vender serviços de fornecimento de água quente, cobrando por eles, o valor equivalente ao custo com energia elétrica, com um determinado desconto, que tornaria o projeto atrativo para os dois agentes.

Portanto, de acordo com as simulações aqui realizadas, os sistemas solares de aquecimento de água apresentam grande viabilidade para o segmento hoteleiro aqui

analisado e podem representar em alguns anos, uma economia significativa para os empreendimentos, reduzindo seu consumo de energia elétrica, tanto na ponta como fora de ponta.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se para trabalhos posteriores que os dados obtidos aqui, sejam utilizados para avaliar também os impactos da substituição dos sistemas convencionais pelo sistema solar, do ponto de vista da concessionária local de energia elétrica e da sociedade.

A tecnologia de ar condicionado solar ainda está em desenvolvimento e ainda encontra-se restrita a alguns países e setores. Por isso, além da economia aqui calculada apenas para a substituição da energia elétrica utilizada para banho e em restaurantes, poderia também ser desenvolvido um estudo específico para avaliar a economia gerada também pela substituição da energia elétrica consumida nos aparelhos de ar condicionado, principalmente através de processos com ciclo de absorção com pré-aquecimento solar, em hotéis superluxo, voltados principalmente ao turismo de negócios, onde o condicionamento ambiental é uma preocupação constante.

Um serviço oferecido por um *resort* que também consome água quente, mas que não foi considerado neste trabalho, é a lavanderia que geralmente consome 15 litros de água quente por kg de roupa seca. Nada impede que a energia solar também seja usada para aquecer ou pré-aquecer a água a ser utilizada neste serviço.

O estudo aqui realizado focou em locais com temperaturas ambientes mais altas; deveria-se avaliar também qual seria o impacto da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água pelos sistemas solares em regiões mais frias, como o Sul do país. Outro nicho de mercado que poderia ser avaliado é o de pousadas voltadas ao eco-turismo, principalmente em regiões isoladas, onde a energia elétrica não chega ou é de má qualidade. Neste caso, as pousadas utilizam o diesel como apoio à geração, que apresenta altos custos de transporte e riscos de armazenagem e transporte. A utilização da energia solar poderia abranger a energia fotovoltaica e a energia térmica para gerar energia elétrica e calor para aquecimento de água.

Durante a elaboração desta dissertação, foi notada a ausência de dados de consumo de energia e de água quente para o setor hoteleiro no Brasil; por isso, recomenda-se a elaboração de um estudo para fazer o levantamento de dados específicos para o setor.

Recomenda-se, enfim, a realização de um diagnóstico energético dos *resorts* no Nordeste brasileiro, para que dados reais possam confirmar as estimativas aqui realizadas.

REFERÊNCIAS

ACHÃO, C. da C. L. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro**. 2003. 122f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2003. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br>>. Acesso em Nov. 2005.

ADELAAR, M.; RATHL, A. **Energy Efficiency and Tourism: Focus on the Caribbean Discussion Paper**. 1997. Disponível em: <<http://www.science.oas.org/ENVIRO/energy%20efficiency%20in%20the%20tourism%20sector.pdf>>. Acesso em Jan. 2006.

ALSEMA, E.A.; NIEUWLAAR, E. "Energy viability of photovoltaic systems". **Energy Policy**, n. 28, p. 999-1010, 2000.

AMAZONAS, E.; GOLDNER, L. "As redes hoteleiras do Brasil". **CD-ROM** atualizado até abril de 2004, v.2.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2002**. Brasília, 153 p.

AQUECIMEX. Disponível em: <<http://www.aquecimex.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA HOTELEIRA (ABIH). Disponível em: <<http://www.abih.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 128**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente, 1993.

_____. **NBR 1352**: Execução de instalações de sistemas de energia solar que utilizem coletores solares planos para aquecimento de água, 1992.

_____. **NBR 7198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESORTS. Resorts Brasil. Disponível em: <<http://www.resortsbrasil.com.br>>. Acesso em Jan. 2006.

ASTROSOL. Disponível em: <<http://www.astrosol.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

AUSTRALIAN GREENHOUSE OFFICE. **Final Report to the Greenhouse Energy Group. Implementation Planning for Mandatory Targets for the Uptake of Renewable Energy in Power Supplies**, 1999. Disponível em: <<http://www.greenhouse.gov.au/markets/mret/rtwg/pubs/report.pdf>>. Acesso em Fev. 2006.

AZEVEDO, J. B. L. de A.; CAMARGO, J. de O.; VELLOSO, C. G. “Consumo de Energia Elétrica da Classe Comercial: Caracterização e Metodologia”. **XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**. Eletrobrás. Campinas, SP. Outubro, 2001.

BARBOUR, C. T.; DYSON, B; FENNELL, C. J. et al. **Opportunities for Solar Water Heating**, National Renewable Energy Laboratory, 1998. Disponível em: <http://www.toolbase.org/Docs/MainNav/Energy/2510_Solar_Water_Heating.pdf>. Acesso em Dez. 2005.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Inflação – Março/2006**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em Abril 2006.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.bnb.gov.br/Content/aplicacao/prodetur>>. Acesso em Jan. 2006.

BARTELÓ, C. Sol Retado: Energia solar pode reduzir conta de luz em 40%. **Correio da Bahia**, Bahia, 2003. Disponível em: <<http://www.correiodabahia.com.br/2003/08/03/noticia.asp?link=not000079594.xml>> Acesso em Out. 2005.

BEST WESTERN INN. Disponível em: <http://www.bestwesterninnkelowna.com/facilities_solarenergy.html>. Acesso em Fev. 2006.

BEZERRA, A. M. **Artigos diversos**. 2001. Disponível em: <<http://mourabezerra.sites.uol.br>>. Acesso em Out. 2005.

BLOYD, C. N.; MIXON, W. R.; SHARP, T. **Institutionalization of a Benchmarking System for Data on the Energy Use in Commercial and Industrial Building**. Asia-Pacific Sustainable Development Centre. East West Centre for APEC: Honolulu. 1999.

BOHDANOWICZ, P.; CHURIE-KALLHAUGE, A.; MARTINAC, I. “Energy-Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism”. **4º Simpósio Internacional em Arquitetura da Ásia e Pacífico**, Havaí, Abril, 2001. Disponível em: <<http://www.energy.kth.se/user/paulinka/www/BohdanowiczChurieKallhaugeMartinacHawaii2001.pdf>>. Acesso em Dez. 2005.

BOHN, A. R. **Instalação Predial de Água Quente**. Apostila. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2002.

BRASIL, N. P. Entrevista realizada em fevereiro de 2006.

BRASOL. Disponível em: <<http://www.brasol.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

CARLO, J.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. “The use of Computer Simulation to Establish Energy Efficiency Parameters for a Building Code of a City in Brazil”. **8ª Conferência Internacional IBPSA**, Holanda, 2003. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/BS2003_CARLO.pdf>. Acesso em Fev. 2006.

CASALS, X. G. “Solar absorption cooling in Spain: Perspectives and outcomes from the simulation of recent installations”. **Renewable Energy**, n. 31, p. 1371–1389, 2006.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução à energia fotovoltaica**. Universidade Técnica de Lisboa, 2004. Disponível em: <http://enerp4.ist.utl.pt/fapee/Download/FV_ed1.pdf>. Acesso em Out. 2005.

CEMIG. Estudo Hotel Vila Rica, 1995.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRAS). Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br>>. Acesso em Out. 2005.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em Out. 2005.

CESPEDES, J. F. P.; OLIVEIRA JUNIOR, S. O. “Análise exergética e termoeconômica da co-geração no setor terciário”. **Eletricidade Moderna**, n. 261, p. 125-136, 1995.

CHADE, J. F. **Estudo do Sistema Gerenciamento pelo Lado da Demanda para Consumidores e Distribuidores de Energia Elétrica**. São Paulo, 2004.

COELBA/ABIH/ELETROBRÁS/PROCEL. **Pesquisa de Hábitos de consumo e Posse de Equipamentos na Rede Hoteleira de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália**, 1996.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. **Energy Efficiency Opportunities in the Hotel Industry Sector**, 2002. Disponível em: <<http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/HotelsBenchmarkingReport20040206161738.pdf>> . Acesso em Fev. 2006.

COPELAND, T.; KOLLER, T; MURRIN, J. **Avaliação de Empresas: “Valuation”**. São Paulo: MAKRON Books, 2000.

CPT. **Energia Solar para Aquecimento de Água**. CEPEL. Minas Gerais, 2001 (Energia Alternativa – Manual nº 307).

CUMULUS. Disponível em: <<http://www.cumulus.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

DATUM CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. **Diagnóstico Energético e Análise de Viabilidade técnica e Econômica – Rio Copa Hotel**. Rio de Janeiro, 1999.

DELOITTE. “Solar Hot Water Pilot Project for South Australia”. **Information Memorandum**. 2004. Disponível em: <http://www.environment.sa.gov.au/sustainability/pdfs/solar_power_report.pdf>. Acesso em Jan. 2006.

DENG, S-M; BURNETT, J. “A study of Energy Performance of Hotel Buildings in Hong Kong”. **Energy and Buildings**, n. 31, p. 7-12, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE AQUECIMENTO SOLAR (DASOL). Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br>>. Acesso em Out. 2005.

DINCER, I., DOST, S. “Energy Analysis of an Ammonia-Water Absorption Refrigeration System”. **Energy Sources**, v.18, n. 6, 727-733. 1996.

DOE. “Weatherization Programs Explore New Technologies”. **Weatherization Works**, 2001. Disponível em: <<http://www.waptac.org/si.asp?id=392>>. Acesso em Fev. 2006.

_____. “Weatherization Radiates Energy Savings in Florida”. **Weatherization Works**, 2001. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30649.pdf>>. Acesso em Fev. 2006.

_____. **Concentrating Solar Power Program**, 2001.

_____. **Annual Energy Outlook 2006 with Projections to 2030**, 2006. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>>. Acesso em Abril 2006.

DOSSIER DE PRENSA. **Revisión de la Ordenanza Solar Térmica de Barcelona**, 28/06/05. 2005. Disponível em: <http://www.barcelonaenergia.com/document/Dossier_RdP_OST_280605_cas.pdf>. Acesso em Fev. 2006.

DW CONSULTORIA E PROJETOS. **Análise Racional de Sistemas de Condicionamento de Ar para Edifícios Comerciais**. Mimeo, 1990.

EIA. **Commercial Buildings Energy Consumption and Expenditures**. Office of Energy Markets and Energy Use, 1995. Disponível em: <<http://tonto.eia.doe.gov/ftproot/consumption/031892.pdf>>. Acesso em Fev. 2006.

_____. **The market and technical potential for combined heat and power in the commercial sector**. Washington, 2000. Disponível em: <http://www.eea-inc.com/dgchp_reports/DOE-Market_and_CHP_Commercial_Sector.pdf>. Acesso em Fev. 2006.

EMBRATUR. **Evolução do Turismo no Brasil: 1992-2001**. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/site/br/dados_fatos/conteudo/lista.php?in_secao=286>. Acesso em Dez. 2005.

_____. **Estatísticas Básicas do Turismo: Brasil**. 2005. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/site/arquivos/dados_fatos/evolucao/EstatisticasBasicasdoTurismo.pdf>. Acesso em Dez. 2005.

_____. **Dados da Hotelaria – 2002**. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/site/arquivos/dados_fatos/evolucao/EstatisticasBasicasdoTurismo.pdf>. Acesso em Dez. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). Disponível em: <<http://www.infraero.com.br>>. Acesso em Jan. 2006.

ENERGIE-CITÉS. **Solar Thermal Energy: Barcelona (Espanha)**, 1999. Disponível em: <http://www.energie-cites.org/db/barcelona_139_en.pdf>. Acesso em Jan. 2006.

ENVIRO-FRIENDLY. Disponível em <<http://www.enviro-friendly.com/evacuated-tube-solar-hot-water.shtml>>. Acesso em Fev. 2006.

European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). **Solar Thermal Markets in Europe (Trends and Market Statistics 2004)**. 2005. Disponível em: <[http://www.estif.org/fileadmin/downloads/Solar Thermal Markets in Europe 2004.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/downloads/Solar_Thermal_Markets_in_Europe_2004.pdf)>. Acesso em Jan. 2006.

FARIA, C. F. da C. **Estratégias para o Aquecimento Solar no Brasil: Mercado, Perspectivas e Plano de Ação**. 2004. 182f. Monografia (Pós-Graduação Latu Sensu em Fontes Alternativas de Energia), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

_____; PEREIRA, L. T.; MACEDO, W. N. **Energia solar: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2004. (Disseminação de informações em eficiência energética).

FERNANDES, C. A. de O.; GUARONGHI, V. M. **Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em Out. 2005.

FERREIRA, O. C. “Promoção do Uso da Energia Solar para o Aquecimento de Água no Setor Residencial”. **Economia e Energia**. Ano III, n. 47, 2004/2005. Disponível em: <http://www.ecen.com/eee47/eee47p/energia_solar_domestico.htm>. Acesso em Jan. 2006.

FILIPINI, F. A. **Diagnóstico Energético para o Potencial de Eficiência Energética no Grand Hotel Rayon**. Curitiba, PR, 2000.

_____. **Diagnóstico Energético para o Potencial de Eficiência Energética no Mabu Thermas & Resorts**. Curitiba, PR, 2000.

FULGÊNCIO, C., **Energia Solar Fotovoltaica**. Artigo disponível no site da Naturlink. Disponível em <<http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=6556&iCanal=29&iSubCanal=3813&iLingua=1>>. Acesso em Fev. 2006.

GAZETA MERCANTIL **Economia com Energia Solar**, 2005.

GÖKTUN, S. “Solar powered cogeneration system for air conditioning and refrigeration”. **Energy**, n. 24, p. 971-977, 1999.

____; ÖZKAYNAK, S. “Performance Parameters for the Design of a Solar-Driven Cogeneration System”. **Energy**, n. 26, p. 57-64, 2001.

GORINI, A. P. F.; MENDES, E. da F. “Setor de Turismo no Brasil: Segmento de Hotelaria”. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 111-150, 2005. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2205.pdf>>. Acesso em Out. 2005.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis, Out. 1998. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/dados_climaticos.pdf>. Acesso em Jan. 2006.

GREEN, M. A. “Photovoltaics: Technology Overview”. **Energy Policy**, n. 28, p. 989-998, 2000.

GREENPEACE. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br>>. Acesso em Out. 2005.

GRUPO DE ESTUDOS EM ENERGIA (Green Solar). Disponível em: <<http://www.green.pucminas.br>>. Acesso em Out. 2005.

GUIA QUATRO RODAS 2006. Editora Abril, 2006.

HELIOTEK. Disponível em: <<http://www.heliotek.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

HENNING, H-M. “Solar Assisted Air Conditioning of Buildings – An Overview”. **Proceedings Heat SET 2005 – Heat Transfer in Components and Systems for Sustainable Energy Technologies**. França, 2005.

HIA Consultoria e Planejamento. **Artigos diversos**. Disponível em <<http://www.hia.com.br>>. Acesso em Nov. 2005.

HILL, H.J. “New Green Loan in Campaign to Halt Climate Change”. **News Release**, 2005. Disponível em: <<http://www.ministers.sa.gov.au>>. Acesso em Jan. 2006.

IBGE. **Pesquisa Anual de Serviços 2002**, v.4. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Out. 2005.

_____. **Pesquisa Anual de Serviços 2003**, v.5. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Out. 2005.

_____. **Meios de Hospedagem no Estado do Rio de Janeiro**, 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Out. 2005.

ICAEN. “Widening the Use of European Solar Thermal Technologies in Mediterranean Countries Following the Successful Model of Greece and Cyprus. Part A: Spain, Portugal”. **Spanish Solar Thermal Market and Technology Assessment Report**, 2003.

ICTAF - THE INTERDISCIPLINARY CENTER FOR TECHNOLOGY ANALYSIS & FORECASTING AT TEL-AVIV UNIVERSITY. **State of the Solar Thermal Market in Israel**. 2004. Disponível em: <<http://www.ictaf.tau.ac.il>>. Acesso em Fev. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Out. 2005.

INSTITUTO DE HOSPITALIDADE. **Aquecimento Solar para Meios de Hospedagem: Guia de Boas Práticas**. ABRAVA, 2005. Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br>>. Acesso em Out. 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Disponível em: <<http://www.inmetro.com.br>>. Acesso em Out. 2005

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Denmark 2002 Review**, 2002. Disponível em: <http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1089>. Acesso em Jan. 2006.

_____. **Renewable Energy 2000: Issues and Trends**, 2001. Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/rea_issues/062800.pdf>. Acesso em Jan. 2006.

JACKSON, T.; OLIVER, M. “The viability of solar photovoltaics”. **Energy Policy**, n. 28, p. 983-988, 2000.

JORNAL O GLOBO. **Energia Solar garante economia e ganha mercado residencial no Brasil**. Janeiro de 2006.

KARAGIORGAS, M.; DROSOU, V.; TSOUTSOS, T. **Solar Energy and Res for the Tourism Sector**. 2004. Disponível em: <http://www.erec-renewables.org/documents/RES_in_EUandCC/proceedings/RES_for_Island_Karagiorgas.pdf>. Acesso em Fev. 2006.

KARTHIK, S. “Energy and Environment (E²) Benchmarking – Performance Evaluation Tool for Indian Hotel Sector”. **Development Alternatives**. v. 12, n. 3, 2002. Disponível em: <http://www.devalt.org/Newsletter/mar02/of_1.htm>. Acesso em Jan. 2006.

KISOL. Disponível em: <<http://www.kisol.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

KOLDEHOFF, W. B. “The Solar Thermal Market: Today, Tomorrow, To Do’s”. **GSETA-Seminar**. Berlim, Alemanha, 2004. Disponível em: <<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/koldehoff.pdf>>. Acesso em Dez. 2005.

KRAUSE, C. M. de L. B; MEDEIROS, D. D. C de. **Instalação de coletor solar. Dicas para arquitetura**. Apostila do curso de Conforto Ambiental e Eficiência Energética. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFRJ. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.fau.ufrj.br/proarq>>. Acesso em Abril 2006.

LABSOLAR. Disponível em: <<http://www.labsolar.ufsc.br>>. Acesso em Out. 2005.

LANGRECK, J. “Cogen-Absortion Plants for refrigeration purposes and turbine air cooling inlet cooling”. **Cogeneration and On-Site Power Production**, v.1, n. 1, p. 46-49, jan/feb. 2000.

LI, HUA. “From quality to quantity: How China’s maturing solar thermal industry will need to face up to market challenges”. **Earthscan REW Renewable heat**, 2005.

Disponível em: <[http://www.earthscan.co.uk/news/article.asp?UAN=323&SP=332558698736342450334 &v=3](http://www.earthscan.co.uk/news/article.asp?UAN=323&SP=332558698736342450334&v=3)>. Acesso em Jan. 2006.

LIMAVERDE, L. C. M. **Conservação de Energia em Hotéis e Pousadas**. Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 59 p. 1999.

LIMMEECHOKCHAI, B.; CHUNGPAIBULPATANA, S. “Application of cool storage air-conditioning in the commercial sector: an integrated resource planning approach for power capacity expansion planning and emission reduction”. **Applied Energy**, n. 68, p. 289-300. 2001.

MACCHI, E. CAMPANARI, S. 2001. “Potential development for gas microturbines – hybrid cycles and trigeneration”. **Cogeneration and On-Site Production**, 8 march-april. 41-49.

MADUREIRA, R. G. **Desenvolvimento e Avaliação Econômica de Tecnologia Solar para Conservação de Energia Elétrica em Aquecimento de Água no Setor Residencial: Uma Proposta de administração da demanda através de “Pré-Aquecedor Solar de Água para Chuveiros Elétricos de Potência Reduzida”**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1995.

_____; JANNUZZI, G. de M. “Análise Econômica da Introdução de Pré-Aquecedores Solares nas Habitações Brasileiras”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VII., 1996, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia, 1996. vol. IV, p. 1975-1985.

MARINI, J.A.; ROSSI, L.A. **Projeto de sistemas fotovoltaicos para oferta de energia elétrica a comunidades rurais**, 2002.

MATAJS, R. R.; FAGÁ, M. T. W. “Aquecimento de Água no Setor Residencial”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VII., 1996, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia, 1996. v. IV, p. 2125-2133.

MAZZON, L. A. F.; MESQUITA, L. C. de S. “Aquecedor Solar de Água – Oportunidade Única”. **Coletânea de Artigos – Energias Solar e Eólica**, Rio de Janeiro, v.2, p. 181-184, 2004.

MEDEIROS, M. M.; BENEDITO, D. R. **Manual para o Uso Racional da Energia no Setor Hoteleiro**. 2002. Vitória, ES.

MESQUITA, L. C. S.; MAZZON, L. A. F.; CAMPOS FILHO, M. M. **O Aquecedor Solar de Água para o Setor Elétrico e para o Usuário Final**. São Paulo: ENERGIA SOLAR, 1996. 44p.

MICHEL, J. R., “O Potencial da Energia Solar”. **Agência CT – Ministério da Ciência e Tecnologia**, 2005. Disponível em:
<http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=27191>
Acesso em Nov. 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão. Sumário Executivo 2003-2012**. 2002. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em Fev. 2006.

_____. **Balanco Energético Nacional 2004: Ano Base 2003**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em Dez. 2005.

_____. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2005: Ano Base 2004**. Rio de Janeiro: EPE, 2005. Disponível em:
<<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em Março 2006.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Plano Nacional do Turismo. Diretrizes, Metas e Programas 2003 – 2007**. Brasília, 2003.

MINISTÉRIO DE RECURSOS NATURAIS DO CANADÁ. **RETScreen International: Clean Energy Project Analysis Software**. Versão 3.1. Canadá, 1997-2005.

MONÉ, C.; CHAU, S; PHELAN, P. “Economic feasibility of CHP and absorption refrigeration with commercially available gas turbine”. **Energy Conversion and Management** n. 42, 1559-1573. 2001.

MOREIRA, J. G. de S. **Energia Solar no Brasil: O uso de coletores planos para o aquecimento de água**. 1985. 261 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.

MORRISON, G. L. **Solar Water Heater Contribution to Greenhouse Gas Abatement**. Australia, 1998. Disponível em:
<<http://solar1.mech.unsw.edu.au/glm/papers/sdhw%20contribution%20to%20greenhouse%20gas%20abatement.PDF>>. Acesso em Jan. 2006.

____; WOOD, B. D. **Packaged Solar Water Heating Technology: Twenty Years of Progress**, 1999. Disponível em: <http://www.kenes.com/Ises.Abstracts/Htm/0480.htm>. Acesso em Dez. 2005.

NOGUEIRA, L., SANTOS, A. “Co-geração no setor terciário: possibilidades, vantagens e limitações”. **Eletricidade Moderna**, n. 254, p. 50-58. 1995.

NORTH CAROLINA SOLAR CENTER’S. **Database of State Incentive for Renewable Energy (DSIRE)**, Disponível em: <http://www.ncsc.ncsu.edu/dsire.htm>. Acesso em Jan. 2006.

NUNES FILHO, F. B. “O perfil do consumo de energia elétrica do Setor Terciário, na Bahia, no período 1990-2000”. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, BA. v. 11, n. 4, p. 68-75. Março, 2002.

OLIVA, G. A; BORGES, T. P. de F. “Teste de Campo Piloto com Pré-Aquecedor Solar de Água para Chuveiros Elétricos de Potência Reduzida”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VII.,1996, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia, 1996. v. IV, p. 2087-2102. Disponível em: http://www.xviiisnptee.com.br/acervo_tecnico/memoria/xv/stc/stc15.pdf. Acesso em Fev. 2006.

PAPAMARCOU, M.; KALOGIROU, S. “Financial appraisal of a combined heat and power system for a hotel in Cyprus”. **Energy Conversion and Management**, n. 42, p. 689-708. 2001.

PEREIRA, E. M. D.; DUARTE, L. O. M.; PEREIRA, L. T.; FARIA, C. F. da C. Energia Solar Térmica. In: TOLMASQUIM, M. T. (org), 2003, **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2003.

PETROLEUM CORPORATION OF JAMAICA. World Solar Programme 2000, 2000. Disponível em: http://www.pcj.com/world_solar_main.htm. Acesso em Fev. 2006.

PILGAARD, O. “Solar Thermal: Its Contribution to the goals of the European Energy Policy”. **ESTEC 2003**, Freiburg, Alemanha. 2003.

POLLIS, H.; SEABRA, D.; LEONELLI, P. A. **Energia Termosolar: Uma Alternativa ao Aquecimento Convencional da Água**. Trabalho de fim de curso da disciplina Fontes alternativas de energia. COPPE, UFRJ, 1995.

PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em:
<http://www.energiasrenovaveis.com/html/energias/solar_pt_atualidade.asp>. Acesso em Jan. 2006.

PORTO, L. C. da F. et al. “Política de Energias Alternativas Renováveis”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, IX., 2002, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia; SBPE, 2002. vol. II, p. 906-911.

PRICE, H.; KEARNEY, D. **Parabolic-Trough Technology Roadmap: A Pathway for Sustained Commercial Development and Deployment of Parabolic- Trough Technology**, 1999. Roadmap Workshop.

PROCEL **Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e de Hábitos de Consumo**. v. 1, 1988.

_____/CEMIG. **Relatório de Pesquisa: Setor Hotéis**. Belo Horizonte, MG. 1994.

QUASCHNING, V. et al. **Contribution of concentrated solar thermal power for a competitive sustainable energy supply**, 2003.

RAAD, A.; MOREIRA, M. A. R. G. “Gerenciamento pelo Lado da Demanda – Uma Alternativa Viável para a Crise do Setor Elétrico Brasileiro”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, IX., 2002, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia; SBPE, 2002. v. II, p. 853-858.

REVISTA HOTEL NEWS. Edição nº 327. Disponível em:
<http://www.revistahotelnews.com.br/asp/edicao_327/hotelalpino.htm>. Acesso em Out. 2005.

REVISTA OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA. Hotéis. n. 1, 1996. **CEMIG**. Belo Horizonte, MG.

REZACHEK, D.; MARTINAC, I.; BOHDANOWICZ, P. “Energy Efficiency and Renewable Energy Use in the Hotel Industry – Two Case Studies (Hawaii and Sweden)”. **ISES 2001 Solar World Congress**. Sidney, Austrália. Novembro 2001.

ROSA, S. E. S. da; TAVARES, M. M. “A Recente Expansão dos *Resorts* no Brasil”. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 85-104, 2002. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1604.pdf>>. Acesso em Out. 2005.

ROSA, L. P.; LOMARDO, L. L. B. “The Brazilian Energy Crisis and a Study to Support Building Efficiency Legislation”. **Energy and Buildings**, n. 36, p. 89 -95, 2004.

SAAB, W. G. L.; DAEMON, I. G., O Segmento Hoteleiro no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 127-156, 2001. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1304.pdf>>. Acesso em Nov. 2005.

SANTAMOURIS, M. et al. “Energy Conservation and Retrofitting Potential in Hellenic Hotels”. **Energy and Buildings**, n. 24, p. 65-75. 1996.

SANTOS, M. M. F. dos; ROSA, L. P. “Substituição da Energia Elétrica por Energia Solar para Aquecimento de Água em Residências e Hotéis: O Caso de Campos”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, IX., 2002, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia; SBPE, 2002. vol. IV, p. 1728-1735.

SCHAEFFER, R.; COSTA, M.M.; ALMEIDA, M. A.; MACHADO, G. V. **Estimativa do potencial de conservação de energia elétrica pelo lado da demanda no Brasil**. Projeto PROCEL/COPPETEC. Programa PNUD/BRA/93/032. Relatório final. Rio de Janeiro, 1998.

____; SZKLO, A. S. “Future electric power technology choices of Brazil: a possible conflict between local pollution and global climate change”. **Energy and Policy**, n. 29, p. 355-369. 2001.

SEZGEN, O.; KOOMEY, J. G. **Technology Data Characterizing Water Heating in Commercial Buildings: Application to End-Use Forecasting**. Califórnia, 1995. Disponível em: <<http://enduse.lbl.gov/Info/LBNL-37398.pdf>>. Acesso em Dez. 2005.

SOLAR UPDATE. “Solar Thermal Energy in Portugal”. **Newsletter of the International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme**, n. 36, Junho 2001.

____. “1st Round of Solar Procurements Completed”. **Newsletter of the International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme**, n. 36, Junho 2001.

SOLARE KLIMATISIERUNG. **Solar Adsorption Cooling: Technical Overview**. Sonderschau. Disponível em: <<http://www.sorptionsgestuetzte-klimatisierung.de/Literatur/Sonderschau/sonderschau.html>>. Acesso em Out. 2005.

_____. **Solar Absorption Cooling: Technical Overview**. Sonderschau. Disponível em: <<http://www.sorptionsgestuetzte-klimatisierung.de/Literatur/Sonderschau/sonderschau.html>>. Acesso em Out. 2005.

SOLARSUL. Disponível em <<http://www.solarsul.com.br/apresentacao.htm>>. Acesso em Dez. 2005.

SOLBRASIL: A REVISTA DO AQUECIMENTO SOLAR. São Paulo: **ABRAVA**. Números 1, 2, 3 e 4. 2005.

SOLETROL. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

SOUSA, K. de Q. M.; SOUSA, R. M. A. de. “Acompanhamento da Implantação e do Funcionamento de um Sistema de Aquecimento Central de Água por Energia Solar”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VII., 1996, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia, 1996. vol. IV, p. 2244-2248.

SRIKHIRIN, P., APHORN RATANA, S., CHUNGAIBULPATANA, S. “A review of absorption refrigeration technologies”. **Renewable and sustainable energy reviews**, n. 5, p. 343-372, 2001.

SUN IN ACTION. **The Solar Thermal Market in Denmark**. ESIF, DENMARK, 1996. Disponível em: <<http://www.solar.demokritos.gr/market/denmark.doc>>. Acesso em Jan. 2006.

SUNLAB. “Markets for Concentrating Solar Power”. **SunLab SnapShot**, 1998.

_____. **Solar Dish-Engine Systems**, 2001. Disponível em: <<http://www.energylan.sandia.gov/sunlab/pdfs/dishen.pdf>>. Acesso em Ago. 2005.

SZKLO, A.; Soares, J.; TOLMASQUIM, M. “Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector”. **Energy Conversion and Management**, n. 45, p. 2075–2091, 2004.

TECNOSOL. Disponível em: <<http://www.tecnosol-aquecedores.com.br>>. Acesso em Out. 2005.

THE NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL (NRDC), THE UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (UCS), AND THE FLORIDA CLIMATE ALLIANCE (FCA). **Florida - Saving Energy, the Environment, and Money. Local Governments in Action: Some Best Practices to Address Global Warming.** 2002.

THERMOMAX. Disponível em: <<http://www.thermomax.com>>. Acesso em Fev. 2006.

THE WESTERN GOVERNORS' ASSOCIATION. **Energy Efficiency in the Border Region: A Market Approach.** Denver, 2004. Disponível em: <<http://www.westgov.org/wga/initiatives/energy/summit/BorderEnergyReport.pdf>>. Acesso em Fev. 2006.

THERMIE B PROGRAMME. "Country-Specific Fact Sheets and Market Strategy Guidelines". In: **Untapped Market Opportunities for Solar Water Heaters in Europe.** Commission of the European Communities – DG Tren, V. 2, 2001.

TOLMASQUIM, M. T.; SZKLO, A., SOARES, J. "Economic potential of natural gas-fired cogeneration at malls in Rio de Janeiro". **Energy Conversion and Management**, v. 42, n. 6, p. 663-674. 2001.

_____. **Mercado de Gás Natural na Indústria Química e no Setor Hospitalar do Brasil.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE; CENERGIA, 2003.

UFPE. **Atlas Solarimétrico do Brasil – Banco de Dados Terrestres.** Recife. Ed. Universitária, 111 p. 2000.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Switched On: Renewable Energy Opportunities in the Tourism Industry**, 2003. Disponível em: <<http://www.uneptie.org/pc/tourism/library/energy.htm>>. Acesso em Jan. 2006.

VIPRADAS, M. "Solar Thermal Technology: the Indian Scenario". **Energy Technology News**, n. 4 e 5 (Julho e Outubro), 2001. Disponível em: <<http://www.teriin.org/opet/articles/art9.htm>>. Acesso em Jan. 2006.

WEC. "Energy Efficiency Policies and Indicators: WEC Report 2001, Annex 1". **Case Studies on Energy Efficiency Policy Measures**, 2001.

WEISS, W.; BERGMANN, I. e FANINGER, G. **Solar Heating Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2003**. IEA Solar Heating & Cooling Programme, Maio 2005. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/welcome/IEASHCSolarHeatingWorldwide2005.pdf>>. Acesso em Nov. 2005.

WESTLING, H. “Solar thermal Procurement”. **International Conference on Solar Energy & Utilities**. Vejle, Denmark, 1997. Disponível em: <http://www.iea-shc.org/task24/pdf/Westling_Vejle97.pdf>. Acesso em Fev. 2006.

WIERIGEN, J. S. “Prospects for solar energy for providing low temperature heat”. **Applied Energy**. England, p. 67-81, 1980.

WOELZ, A. T.; CONTINI, J. A. “Aquecedor Solar de Baixo Custo – ASBC: Consumo de Energia Renovável em Aquecimento de Água. Uma Contribuição ao Desenvolvimento Sustentável”. **Meio Ambiente 99**, Brasil, 1999. Disponível em: <<http://projekte.org/meioambiente99/tema01/woelz>>. Acesso em Out. 2005.

WORLD ENERGY COUNCIL. **Energy Efficiency Policies and Indicators**, 2001. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/eepi/foreword/summary.asp>>. Acesso em Fev. 2006.

YÁNEZ, M. S; JANNUZZI, G. DE M.; SILVA, E. P. “Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas-SP”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VII., 1996, **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia, 1996. vol. IV, p. 2218-2229.

[...] **OVERVIEW OF SOLAR THERMAL TECHNOLOGIES**, 1998.

[...] Solar Power Tower, 1998. Disponível em: <http://www.solarpaces.org/solar_tower.pdf>. Acesso em Ago. 2005.

[...] Solar Parabolic Trough, 1998. Disponível em: <http://www.solarpaces.org/solar_trough.pdf>. Acesso em Ago. 2005.

[...] Solar Trough Systems. **SunsLab SnapShot**, 2000.

[...] Solar Trough Power. **SunsLab SnapShot**, 2001.

[...] Disponível em: <http://www.construvirtual.com.br/noticias_detalhes.asp?id=81>. Acesso em Out. 2005.

[...] Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/solar.html>>. Acesso em Out. 2005.

[...] Disponível em: <<http://www.soaresoliveira.br/projetoenergia.em/enso.html>>. Acesso em Out. 2005.

[...] Disponível em: <<http://www.guilhermebahia.hpg.ig.com.br/pagina2.htm>>. Acesso em Out. 2005.

[...] Disponível em: <<http://www.riosvivos.org.br/arquivos/149002550.pdf#search='prosol%20coletores%20solares'>>. Acesso em Out. 2005.

APÊNDICE A – PREMISSAS E EQUAÇÕES UTILIZADAS NAS SIMULAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A seguir serão apresentadas as premissas e equações utilizadas nos cálculos de viabilidade econômica realizados ao longo desta dissertação.

1. Cálculo da demanda diária de água quente:

$$\mathbf{Dem_{(total)} = Dem_{(banho)} + Dem_{(restaurante)}}$$

$$Dem_{(banho)} = Q_{aptos} * Q_{hosp} * Q_{Banhos} * t_{banho} * V_{chuv} * T_{ocup}$$

$$Dem_{(restaurante)} = Q_{aptos} * Q_{hosp} * Q_{ref} * C_{ref} * T_{ocup}$$

onde:

Q_{aptos} : Quantidade de apartamentos no *resort*;

Q_{hosp} : Quantidade de hóspedes por apartamento;

Q_{Banhos} : Quantidade de banhos por hóspede por dia;

Q_{ref} : Quantidade de refeições por hóspede por dia;

t_{banho} : Tempo médio de um banho (min);

V_{chuv} : Vazão do chuveiro (litros/min);

C_{ref} : Consumo de água quente por refeição (litros);

T_{ocup} : Taxa de ocupação média do *resort*.

No caso base foram considerados os seguintes valores:

Q_{aptos}^{165} : 200

Q_{hosp} : 2

Q_{Banhos} : 1 banho por hóspede por dia

Q_{ref}^{166} : 3 refeições por hóspede por dia

t_{banho}^{167} : 15 min

¹⁶⁵ A partir dos dados do Guia Quatro Rodas, apresentados no Capítulo 4.2, calculou-se um número de 231 apartamentos por *resort* na região Nordeste. Para efeitos de cálculo utilizou-se 200 apartamentos por hotel.

¹⁶⁶ Café da manhã, almoço e jantar.

¹⁶⁷ Conforme estimativa de Moreira, 1985.

V_{chuv}^{168} : 7,2 litros/min

C_{ref}^{169} : 12 litros por refeição

T_{ocup} : 50%

Assim:

$$\text{Dem}_{(\text{banho})} = 200 * 2 * 1 * 15 * 7,2 * 0,5 = 21.600 \text{ litros/dia}$$

$$\text{Dem}_{(\text{restaurante})} = 200 * 2 * 3 * 12 * 0,5 = 7.200 \text{ litros/dia}$$

$$\text{Dem}_{(\text{total})} = \text{Dem}_{(\text{banho})} + \text{Dem}_{(\text{restaurante})} = 21.600 + 7.200 = 28.800 \text{ litros/dia}$$

Ressalta-se no entanto, que a variável que influenciará todos os cálculos a seguir, é a demanda total de água quente e não o número de quartos ou qualquer outra premissa que tenha sido utilizada.

2. Cálculo da quantidade de energia necessária para aquecer a água do reservatório:

$$Q = m * c_p * \Delta t = \rho * V * c_p * (T_{\text{reserv}} - T_{\text{amb}})$$

onde:

ρ = densidade da água a 25°C (1 kg/l)

V = volume de água do reservatório a ser aquecido (28.800 litros/dia)

c_p = calor específico da água (1 kcal/kg.°C)

T_{reserv} = temperatura da água do reservatório (45°C)

T_{amb} = temperatura ambiente (foram consideradas as temperaturas ambientes médias mensais na cidade de Salvador). Como valor médio, tem-se 25°C.

Então, a quantidade de energia necessária para aquecer os 28.800 litros de água contidos no reservatório é:

$$Q = 1 * 28.800 * 1 * 20 = 576.000 \text{ kcal/dia} \div 860 * 30 = 20.093 \text{ kWh/mês}$$

¹⁶⁸ Vazão estabelecida pela Norma ABNT NBR 7198/82.

¹⁶⁹ Consumo estabelecido pela Norma ABNT NBR 7198/82.

3. Dimensionamento do sistema de aquecimento solar:

O volume total do reservatório deverá ser igual à demanda diária de água quente - $Dem_{(total)}$. Então, seriam necessários 5 reservatórios de 5.000 litros, 2 reservatórios de 1.500 litros e 1 reservatório de 800 litros para atender à demanda diária de 28.800 l.

O coletor solar escolhido foi o MK6VS, do fabricante Heliotek, que possui uma área coletora de 1,65 m² e a relação entre volume de água a ser aquecido e área coletora foi de 125,24 litros/m², conforme orientação do fabricante. Portanto, são necessários 140 coletores para conseguir aquecer toda a água armazenada, o que representa uma área coletora total de 231 m².

4. Investimento Inicial:

De acordo com informações do fabricante, foi considerada uma relação fixa para o investimento igual a R\$ 5,70/litro no caso de sistema de apoio elétrico (para apoio a GLP, esta relação é 10% superior).

Os custos de operação e manutenção foram considerados desprezíveis.

5. Cálculo da Fração Solar:

Foi utilizado o método *f-chart* para calcular a fração solar (*f*). As equações e resultados obtidos podem ser encontrados no Apêndice C. O valor médio encontrado para a fração solar foi de 72,40% para o caso base.

6. Tarifas dos energéticos:

Para o caso base, foram consideradas as tarifas de energia elétrica da Coelba, vigentes em março de 2006, para consumidores comerciais A4 Verde:

Tarifa de demanda: R\$ 18,02/kW.mês

Tarifa de consumo: R\$ 289,79/MWh

Tarifa de ultrapassagem de demanda: R\$ 54,06/kW.mês

A tarifa de ultrapassagem será utilizada sempre que a demanda real ultrapassar em 10% a demanda contratada anualmente. Os valores de demanda real e contratada foram calculados a partir dos consumos estimados, utilizando-se a fórmula abaixo:

$$\text{Demanda} = \text{Consumo} \div \text{n}^\circ \text{ de dias no mês} \div 24 \text{ h/dia} \div \text{Fator de carga}$$

Foi utilizado um fator de carga de 46%, calculado a partir dos dados apresentados na figura 31. Foram considerados reajustes reais de 1,0% a.a. no caso base.

Para o GLP foi considerado um preço atual de R\$ 2,31/kg, igual à média dos preços cobrados ao consumidor final nos estados da região Nordeste nos últimos anos e o reajuste utilizado foi de -0,52% a.a., calculado conforme explicação no capítulo 4.7.7.

7. Taxa de Inflação:

Para cálculo do fluxo de caixa em base real, foi considerada uma taxa de inflação de 5,7% a.a. Este valor se refere à taxa obtida no ano de 2005, conforme dados do Banco Central.

8. Financiamento:

Foram consideradas nas simulações com financiamento, as condições oferecidas pelo Cartão BNDES:

Taxa de juros mensais (i) = 1,31 % a.m. (fevereiro/2006) → Em base real, esta taxa passa a ser de 0,84% a.m:

$$i = (1 + 1,31\%) \div (1 + 5,7\%) = 0,84\% \text{ a.m.}$$

Nº de parcelas fixas e mensais (m) = 36

Percentual financiado (% Debt) = 100%

Valor financiado (VF): % Debt x Inv = 100% * 5,7 = R\$ 5,7/(l/dia)

Sistema Price, ou seja, parcelas fixas:

$$\text{Valor das parcelas (PMT)} = \text{VF} * [i * (1 + i)^m] \div [(1 + i)^m - 1]$$

No Excel, o valor das parcelas pode ser calculado através da função “PGTO”.

Os juros (J) são calculados sobre o saldo devedor (SD):

$$J_{(n)} = SD_{(n-1)} * i$$

A amortização é calculada a partir da diferença entre o valor da parcela (PMT) e os juros (J).

9. Cálculo da energia de *back-up*:

Energia mensal de *back-up* (E_{bup}) = $Q * (1 - f) = 20.093 * (1 - 0,7249) = 5.528$ kWh/mês

10. Cálculo da economia gerada:

A economia gerada é a diferença de custos entre a situação convencional e a situação com utilização do sistema de aquecimento solar. Na situação convencional, os custos referem-se aos custos com energia elétrica, considerando as parcelas de demanda e consumo, levando-se em consideração os períodos em que será necessário utilizar a tarifa de ultrapassagem de demanda. Na situação com a utilização da energia solar, o custo se dará devido à necessidade de utilização do sistema elétrico de *back-up*, considerando que, mesmo nos meses em que a fração solar for alta e a energia solar for capaz de suprir toda a energia necessária, haverá os custos com a demanda contratada. Todos os custos foram calculados em Reais por litro de água quente consumido diariamente, ou seja, R\$/(l/dia).

11. Cálculo dos custos com o sistema solar:

Os custos mensais serão referentes à energia elétrica consumida como apoio ao sistema solar e serão calculados a partir do consumo (E_{bup}) e da demanda de *back-up* (D_{bup}) e das tarifas de energia elétrica:

$$Custos_{(n)} = [E_{bup (n)} * T_{consumo (n-1)} + D_{bup (n)} * T_{demanda (n-1)} + D_{ult (n)} * T_{ult (n-1)}] * (1 + reaj),$$

Onde:

n é o ano que está sendo considerado;

E_{bup} : Energia elétrica total consumida pelo sistema de *back-up*;

T_{consumo} : tarifa de consumo de energia elétrica (R\$/MWh);
 D_{bup} : Demanda do sistema de *back-up* (contratada ou até 1,1 vezes a contratada);
 T_{demanda} : tarifa de demanda de energia elétrica (R\$/kW.mês);
 D_{ult} : Demanda que ultrapassa 10% da demanda contratada (D_{bup});
 T_{ult} : Tarifa de ultrapassagem de demanda (R\$/kW.mês);
Reaj: reajuste anual da energia elétrica.

Nos sistemas que utilizam o GLP como apoio, será necessário calcular a quantidade de GLP, em kg, para determinar o custo mensal do energético. Para isso, nos cálculos aqui realizados, utilizou-se o PCI do GLP (11.100 kcal/kg.°C), a relação de 860 kcal/kWh e uma eficiência de caldeira de 70%.

12. Depreciação:

Foi considerada uma depreciação linear (Dep) igual a 10% a.a. Não foi considerado valor residual ao final da vida útil dos equipamentos.

13. Imposto de Renda e Contribuição Social (IR/CSSL):

Foi considerada uma alíquota de 34% sobre a base de cálculo composta pela economia bruta gerada (EB), menos a depreciação (Dep) e menos os juros do financiamento (J) (caso esteja sendo considerado). Então,

$$\text{IR/CSSL} = 0,34 * [\text{EB} - \text{Dep} - \text{J}]$$

14. Taxa Mínima de Atratividade (TMA):

Foi considerada no caso base como sendo de 10,7% a.a. (taxa real), baseada no valor da Selic no início de 2006, descontada a taxa de inflação; entretanto, a tendência é que esta taxa se reduza.

15. Cálculo do fluxo de caixa:

O ano de 2006 foi considerado como ano base para a projeção de 20 anos.

Considerou-se um prazo de 30 dias para início de operação do sistema de aquecimento solar, contados a partir da data do desembolso inicial, ou seja, no fluxo de caixa anual, investimento e início da geração de economia ocorrem no mesmo período. Todo o fluxo de caixa foi calculado em Reais por litro de água quente consumido diariamente, ou seja, R\$/l/dia).

O fluxo de caixa anual pode ser calculado conforme as equações abaixo:

(=) Economia bruta gerada (A)	(Custos convencionais – Custos solar) * (1 + reajuste)
(-) Depreciação ¹⁷⁰ (B)	Inv * 10%
(-) Juros do financiamento (C)	i x Saldo devedor
(=) LAIR (D)	(A) – (B) – (C)
(-) IR/CSSL (E)	0,34 * (D)
(=) LL (F)	(D) – (E)
(+) Depreciação	(B)
(-) Investimento inicial (G)	Inv – VF
(-) Amortização (H)	PMT - J
(=) Fluxo de Caixa	(F) + (B) – (G) – (H)

O **VPL** (Valor Presente Líquido) será calculado, trazendo o valor do fluxo de caixa calculado em cada ano para o ano base (2006). Para isso, é utilizada a taxa mínima de atratividade (ou taxa de desconto):

$$\mathbf{FCD}_{(n)} = \Sigma \mathbf{FC}_{(n)} \div (\mathbf{1} + \mathbf{TMA})^n, \text{ onde } n \text{ é o ano do fluxo considerado (1, 2, ...).}$$

No Excel, utiliza-se a função VPL.

A **TIR** (Taxa Interna de Retorno) é a taxa que zera o VPL, ou seja, desconta-se todos os fluxos de caixa anuais até a data atual, a uma taxa de juros igual à taxa interna de retorno, iguala o resultado a zero e calcula-se a taxa. No Excel, usa-se a função TIR.

Para o cálculo do *payback* simples, verifica-se em quanto tempo o fluxo de caixa simples deixa de ser negativo.

¹⁷⁰ Este item será considerado apenas nos dez primeiros anos do projeto, período após o qual, os equipamentos já estarão completamente depreciados.

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE ENSAIOS DO INMETRO – COLETOR MK6VS

Os fabricantes participantes do Programa Brasileiro de Etiquetagem têm seus produtos avaliados anualmente pelo INMETRO, que determina a eficiência do equipamento, a produção de energia e sua classificação. A partir da curva de eficiência traçada para os coletores solares durante os ensaios realizados, são calculados os valores dos parâmetros $F_R(\tau\alpha)$ e $F_R U_L$, que serão utilizados no cálculo da fração solar.

Os ensaios são realizados para um produto considerado padrão e a eficiência dos outros equipamentos da mesma família é obtida por extrapolação a partir da curva de eficiência gerada para o equipamento ensaiado.

Segue abaixo o documento do INMETRO relativo ao coletor solar utilizado nesta dissertação, gentilmente cedido pelo fabricante Heliotek.



MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA,
DO COMÉRCIO E DO TURISMO

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA
NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

RELATÓRIO DE ENSAIOS

Marca: HELIOSONIC
Modelo/Código: MK6VS
Finalidade: BANHO

Cliente: Heliotek Máquinas e Equipamentos Ltda.



LABORATÓRIO DE TESTES DE
EQUIPAMENTOS SOLARES



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico
Fone: (31)3319-4144 - Fax: (31)3319-4225
CEP 30535-610 - Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil
GREEN - Fone/Fax: (31)3319-4387 - Internet: www.green.pucminas.br



CERTIFICADO CSP-137-BF/EV1 (PRÉ-ETIQUETA)

PAG 1/3

LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE EQUIPAMENTOS SOLARES

RELATÓRIO DE ENSAIO DE COLETOR SOLAR PLANO

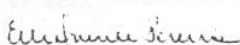
Natureza do Trabalho: Extensão da Etiquetagem para Famílias Verticais e Horizontais de Coletores Solares Planos.

Objeto de Ensaio: Coletor Solar Plano
Marca: HELIOSONIC
Modelo/Código: MK6VS
Finalidade: BANHO

Cliente: Heliotek Máquinas e Equipamentos Ltda.
Av. Gupê, 10 767
Barueri - SP
Fone: (11) 4789-9100

Data do Recebimento (Planilha)
10/09/03

Data de Emissão
17/09/03


Elizabeth Marques Duarte Pereira
Coordenadora GREEN SOLAR


Nilson de Figueiredo Filho
Diretor IPUC

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente a amostra ensaiada.
A reprodução do documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico
Fone: (31)3319-4144 - Fax: (31)3319-4225
CEP 30535-610 - Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil
GREEN - Fone/Fax: (31)3319-4387 - Internet: www.green.pucminas.br



CERTIFICADO CSP-137-BF/EVI (PRÉ-ETIQUETA)

PÁG 2/3

1. ESPECIFICAÇÃO DO COLETOR SOLAR PLANO

1.1. IDENTIFICAÇÃO

Marca: HELIOSONIC
Modelo/Código: MK6VS
Coletor Base: HELIOSONIC - MK5VS

1.2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Área Externa = 1.65 m²

Área Transparente = 1.60 m²

Peso Coletor Seco = 21 kg

Pressão Máxima de Operação = 392.27 kPa

Fluido de Trabalho: Água

1.3. MATERIAIS

Caixa Externa: Monobloco - Alumínio

Cobertura: Vidro (3,0 mm)

Tipo de Absorvedor:

Placa Absorvedora: Cobre (0,2 mm)

Pintura: Comercial

Tubulação: Cobre (07 tubos)

Isolamento: Lã de vidro (25,0 mm)

Vedação: Borracha de Silicone

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada.
A reprodução do documento só poderá se feita integralmente, sem nenhuma alteração.



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico
Fone: (31)3319-4144 - Fax: (31)3319-4225
CEP 30535-610 - Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil
GREEN - Fone/Fax: (31)3319-4387 - Internet: www.green.pucminas.br



CERTIFICADO CSP-137-BF/EV1 (PRÉ-ETIQUETA)

PÁG 3/3

2. RESULTADOS DA EXTENSÃO DA ETIQUETAGEM PARA FAMÍLIAS VERTICAIS E HORIZONTAIS DE COLETORES

Aprovação da extensão vertical (ou longitudinal):

CONFORME:

3. DADOS DA ETIQUETA

Código Rastreabilidade: 02 13 2 CCC MM AA

Área Externa = 1,65 m²

Eficiência Térmica = 58,4 %

Produção Mensal de Energia = 133,3 kWh/mês

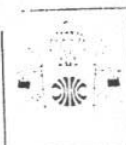
Produção Específica Mensal de Energia = 80,8 kWh/mês/m²

Classificação: A

enf

[Handwritten signature]

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada.
A certificação é feita integralmente, sem nenhuma alteração.



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico
Fone: (31)3319-4144 - Fax: (31)3319-4225
CEP 30535-610 - Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil
GREEN - Fone/Fax: (31)3319-4387 - Internet: www.green.pucminas.br



CERTIFICADO CSP-137-BF (PRÉ-ETIQUETA)

PÁG 3/3

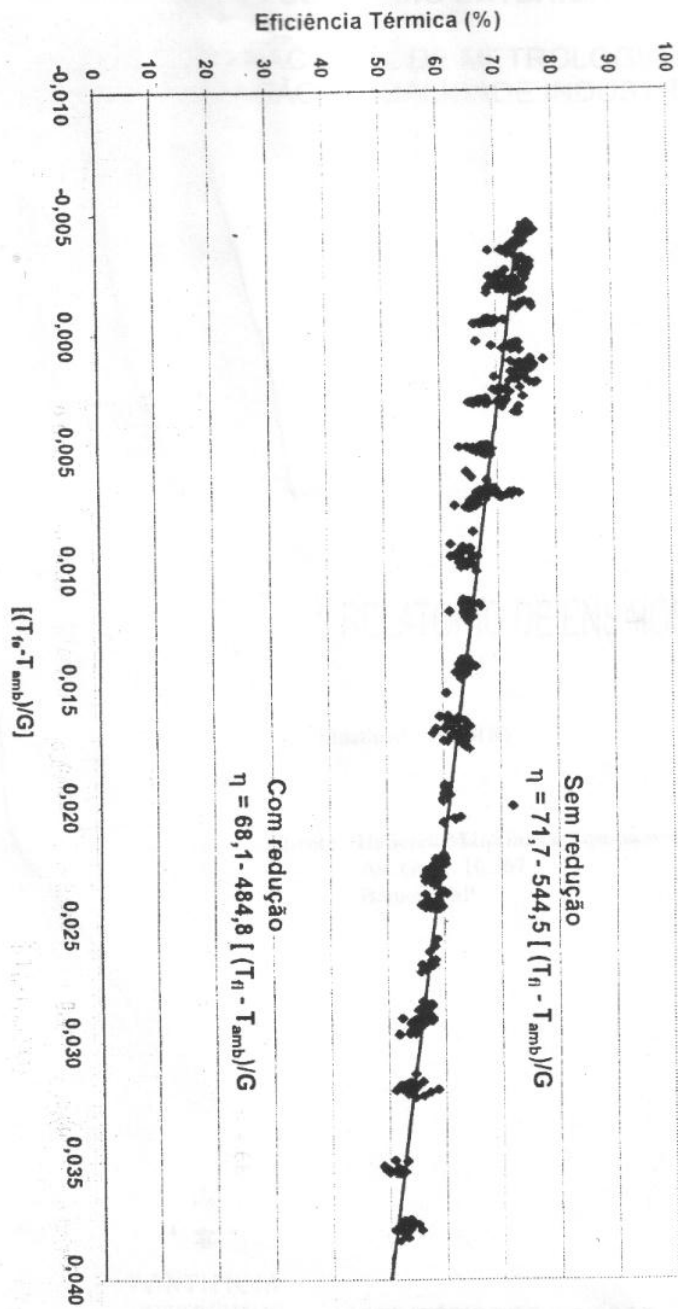
2.1. EFICIÊNCIA TÉRMICA INSTANTÂNEA (ABNT MB-2342/85)

Curva de Eficiência (reduzida): $\eta = 68,1 - 484,8 \left(\frac{T_{fi} - T_{amb}}{G} \right)$
 $F_r(\tau\alpha)_n = 0,738 \quad F_r U_i = 5,256$

2.2. FATOR DE CORREÇÃO MÉDIO PARA OS PRODUTOS DO FABRICANTE (ABNT MB-2342/85)

$$K(\tau\alpha) = 1 - 0,1307 \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right)$$

Curva de Eficiência Térmica Instantânea
 Coletor Solar HELIOTEK / HELIOSONIC MK5VS
 Finalidade : BANHO - Certificado CSP 137-BF (PRÉ-ETIQUETA)



APÊNDICE C – MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO SOLAR: *f-CHART*

A fração solar para um determinado mês do ano é definida como a razão entre a contribuição do sistema de aquecimento solar (Q_{solar}) e a demanda mensal de energia (Q_{total}), calculada mediante a equação:

$$F_{\text{mês}} = Q_{\text{solar}} \div Q_{\text{total}} \quad (1)$$

Para o cálculo da fração solar são utilizados dois parâmetros adimensionais e empíricos X e Y, a saber:

$$X = [A_C F_R U_L (T_{\text{REF}} - T_{\text{amb}}) \Delta t_{\text{mês}}] \div Q_{\text{total}} \quad (2)$$

$$Y = [A_C F_R (\tau_c \alpha_p)_\theta H_T N_{\text{mês}}] \div Q_{\text{total}} \quad (3)$$

onde:

A_C : área total de coletores solares, em m²;

$F_R U_L$: produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, expresso em W/m².°C, calculado experimentalmente nos ensaios do PBE/INMETRO (Ver Apêndice B);

T_{REF} : temperatura de referência, considerada constante e igual a 100°C;

T_{amb} : temperatura ambiente média para o mês em questão, °C;

$\Delta t_{\text{mês}}$: duração do mês, em segundos;

Q_{total} : demanda total de energia para aquecimento do volume de água (kWh/mês);

$F_R (\tau_c \alpha_p)_\theta$: produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absortividade da tinta dos coletores, para ângulo de incidência da radiação direta, adimensional;

H_T : radiação solar diária em média mensal incidente no plano do coletor por unidade de área, kWh/m².dia;

$N_{\text{mês}}$: número de dias do mês.

Observando-se as devidas correções de unidades que se façam necessárias para que X e Y sejam adimensionais, a fração solar pode ser calculada através da equação empírica abaixo, proposta por Klein apud Pereira et al. (2003):

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (4)$$

Nos cálculos da fração solar realizados nesta dissertação, foram considerados os seguintes valores:

$$F_R U_L = 5,256 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (retirado do documento apresentado no Apêndice B)}$$

$$F_R (\tau_c \alpha_p)_0 = 0,738 \text{ (retirado do documento apresentado no Apêndice B)}$$

$$T_{REF} = 100^\circ\text{C}$$

Tabela 47 – Temperaturas ambiente médias para cálculo da fração solar

T_{amb} (°C)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Salvador	26,5	26,6	26,7	26,1	25,0	24,2	23,5	23,5	24,2	25,0	25,6	26,0
Maceió	26,2	26,4	24,8	25,9	25,2	24,8	23,6	23,5	23,9	24,1	24,4	24,8
Fortaleza	27,0	26,5	26,0	26,0	25,5	25,3	25,2	25,3	26,0	26,5	26,6	26,6

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000)

Tabela 48 – Radiação solar média ⁽¹⁾

H_T (kWh/m².dia)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Salvador	6,5	6,3	5,5	4,3	4,0	3,5	4,0	5,1	5,1	5,7	6,5	6,8
Maceió	6,1	5,8	5,6	4,6	4,6	4,1	4,2	5,3	5,3	6,0	6,8	6,2
Fortaleza	5,3	5,1	4,7	4,5	5,0	5,0	5,7	6,2	6,3	6,5	6,4	6,1

(1) Valores considerando a incidência dos raios solares em superfície horizontal

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000)

Os valores apresentados na tabela 48 são válidos para a situação em que os raios solares incidem em superfície horizontal. Como o coletor está inclinado (latitude local + 10°), é necessário fazer uma correção nestes valores. A correção foi feita usando o software RETScreen International (Ministério de Recursos Naturais do Canadá, 1997-2005), gerando os valores para radiação solar apresentados na tabela 49.

Tabela 49 – Radiação solar média para cálculo da fração solar ⁽¹⁾

H_T (kWh/m².dia)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Salvador	6,7	6,1	5,0	3,6	3,1	2,6	3,0	4,0	4,5	5,4	6,6	7,1
Cidade B	6,4	5,8	5,3	4,0	3,7	3,2	3,4	4,4	4,8	5,9	7,1	6,6
Cidade C	5,6	5,2	4,6	4,2	4,5	4,3	4,9	5,6	6,0	6,6	6,7	6,5

(1) Valores considerando a incidência dos raios solares no plano do coletor

Fonte: RETScreen International, 1997-2005

Para o caso base, foram calculados os seguintes valores mensais para as frações solares:

Tabela 50 – Fração solar mensal calculada

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cons. EE (kWh)	19,21	17,25	19,00	18,99	20,76	20,90	22,32	22,32	20,90	20,76	19,49	19,72
Dias/mês	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Δt (10^6 s)	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68
X	3,46	3,47	3,49	3,40	3,26	3,17	3,10	3,10	3,17	3,26	3,34	3,39
Y	1,845	1,701	1,387	0,975	0,786	0,644	0,707	0,947	1,095	1,383	1,736	1,913
F (%)	99,64	94,31	80,87	59,00	47,49	37,89	42,85	58,90	67,35	81,86	96,36	102,27

Fonte: Elaboração própria